

EUR 5057 n

COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN

LIBRARY

50 MWe KERNENERGIECENTRALE DODEWAARD

Jaarverslag 1972

1974



Verslag opgesteld door de
N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland - GKN/
N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven - SEP/Nederland

Deelnemingscontract No. 006-63-4 REPN

BELANGRIJKE MEDEDELING

Dit document is opgesteld onder auspiciën van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

Er wordt op gewezen dat de Commissie van de Europese Gemeenschappen, haar contractpartners of enige namens hen handelende persoon :

geenszins garanderen dat de in dit document vervatte mededelingen juist of volledig zijn, noch ervoor kunnen instaan dat het gebruik van enige in dit document vermelde mededeling, uitrusting, methode of procédé, geen inbreuk maakt op de uitsluitende rechten;

geen enkele verantwoordelijkheid aanvaarden voor schade die eventueel kan voortvloeien uit het gebruik van de mededelingen, uitrustingen, methoden of procédés die in dit document zijn beschreven.

Dit rapport wordt verkocht in de verkoopkantoren die op de achterzijde van de omslag zijn vermeld

tegen de prijs van BF 185,—

Commissie van de
Europese Gemeenschappen
D.G. XIII - C.I.D.
29, rue Aldringen
L u x e m b u r g

April 1974

Dit document werd gereproduceerd door middel van de beste copie die beschikbaar was.

EUR 5057 n

COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN

50 MWe . KERNENERGIECENTRALE DODEWAARD

Jaarverslag 1972

EUR 5057 n

50 MWe DODEWAARD NUCLEAR POWER PLANT
Annual Report 1972

Commission of the European Communities
Report prepared by the N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale
Nederland (GKN)/N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven (SEP)
The Netherlands
Participation Contract No. 006-63-4 REPN
Luxembourg, April 1974 - 144 Pages - 36 Figures - B.Fr. 185.—

A survey of plant operation deals with repairs to faulty safe ends of nozzles on the reactor pressure vessel and with the attendant investigations into reactor safety. These faults gave rise to a great deal of publicity which was stirred up by inaccurate press reports.

The loss of output resulting from these faults was equivalent to 47 days' outage.

EUR 5057 n

50 MWe DODEWAARD NUCLEAR POWER PLANT
Annual Report 1972

Commission of the European Communities
Report prepared by the N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale
Nederland (GKN)/N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven (SEP)
The Netherlands
Participation Contract No. 006-63-4 REPN
Luxembourg, April 1974 - 144 Pages - 36 Figures - B.Fr. 185.—

A survey of plant operation deals with repairs to faulty safe ends of nozzles on the reactor pressure vessel and with the attendant investigations into reactor safety. These faults gave rise to a great deal of publicity which was stirred up by inaccurate press reports.

The loss of output resulting from these faults was equivalent to 47 days' outage.

N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland - GKN/
N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven - SEP/Nederland

Deelnemingscontract No. 006-63-4 REPN

SAMENVATTING

In een overzicht over het bedrijf van de centrale wordt ingegaan op de reparatie van defecten in de overgangsstukken op stompen van het reactorvat, alsmede op de in verband met de veiligheid uitgevoerde onderzoeken hieraan. De defecten waren de oorzaak van veel publiciteit, die aangewakkerd werd door foutieve berichten in de pers.

De productievermindering ten gevolge van deze defecten kwam overeen met 47 dagen bedrijfsonderbreking.

In dit jaarverslag wordt verder uitvoerig gesproken over het nabestralingsonderzoek aan splijtstofelementen en over de samenstelling van de reactorkern, alsmede over de onderhoudswerkzaamheden en andere bedrijfsaspecten, waaronder de stralingsbescherming.

Bijzondere aandacht wordt besteed aan experimenten en beproevingen o.m. in verband met vermogensverhoging.

TREFWOORDEN

DODEWAARD REACTOR
DEFECTS
NOZZLES
PRESSURE VESSELS
REPAIR

REACTOR SAFETY
REACTOR MATERIALS
REACTOR MAINTENANCE
REACTOR OPERATION
RADIATION PROTECTION

Jaarrapport

N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland
1972

INHOUDSOPGAVE

1.	<u>BEDRIJFSVOERING</u>	5
1.1.	Het bedrijf van de centrale	5
1.2.	De bedrijfsonderbrekingen	11
1.3.	Totaal overzicht scrams, trips, starts en stops in 1972	19
1.4.	Het onderhoud van de centrale	22
1.5.	De personeelsbezetting	26
1.6.	Opleiding bedrijfspersoneel	33
1.7.	Splijststofelementen	34
1.7.1.	Algemeen	34
1.7.2.	Onderzoek aan splijststofelementen tijdens splijststofwisselstop januari 1972	35
1.7.3.	Onderzoek tijdens mei-juni 1972 stop	36
1.7.4.	Nabestralingsonderzoek splijststofelement A77	37
1.7.5.	Historie kern	38
1.8.	Inspectie en reparatie van overgangsstukken aan het reactorvat	40
1.8.1.	Inleiding	40
1.8.2.	Inspectie werkzaamheden	43
1.8.3.	Onderzoek van lasproeven en van de verwijderde overgangsstukken	49
1.8.4.	Vervanging van de overgangsstukken N25 en N19 aan het reactorvat	52
1.9.	Werkzaamheden 1973	57
2.	<u>REACTORFYSICA EN THERMOHYDRAULICA</u>	59
2.1.	Algemeen	59
2.2.	Splijststofwisseling 2 en 3	59
2.3.	Rekenprogramma's	65
2.4.	Gadolinium elementen	66

vervolg inhoudsopgave

3.	<u>SYSTEMEN EN COMPONENTEN</u>	69
3.1.	Turbineinstallatie	69
3.2.	Regelstaafaandrijfsysteem	71
3.3.	Reactorwaterzuiveringssysteem	79
3.4.	Afvalwaterindampinstallatie	80
3.5.	Verwerking van nat radioactief afval	81
3.6.	Ventilatie systeem	83
3.7.	Harsregeneratiesysteem	85
4.	<u>ONDERHOUDSWERKZAAMHEDEN</u>	86
4.1.	Werktuigkundig onderhoud	86
4.2.	Elektrotechnisch onderhoud	88
4.3.	Instrumentatie onderhoud	91
5.	<u>CHEMISCHE EN RADIOCHEMISCHE BEDRIJFSASPECTEN</u>	94
5.1.	Primair systeem	94
5.2.	Meetprogramma aan de cyclonen in het reactor- waterzuiveringssysteem	98
5.3.	Waterhuishouding	105
5.4.	Chemicaliënverbruik	108
6.	<u>STRALINGSCONTROLEDIENST</u>	110
7.	<u>EXPERIMENTEN EN BEPROEVINGEN</u>	126
7.1.	Bedrijfstesten in verband met vermogensverhoging	126
7.2.	Fysische experimenten en metingen	129
7.2.1.	Bepaling van de vermogensverdeling in een Gadoliniumelement	129
7.2.2.	Bepaling van de vermogensverdeling in een element met hoge specifieke versplijting	129
7.2.3.	Nabestralingsonderzoek	130
7.2.4.	Ruiscorrelatiemetingen	130
7.2.5.	Spectrumanalyseprogramma	134
7.2.6.	Splijtstofonderzoek bij het Trans Uranium Instituut te Karlsruhe	134
7.3.	Het staalonderzoekprogramma	136

1. BEDRIJFSVOERING

1.1. Het bedrijf van de centrale

Het jaar 1972 heeft sterk in het teken van de publiciteit en defecten in de overgangsstukken op stompen van het reactorvat gestaan.

De directe aanleiding tot de publiciteit over de kernenergie is moeilijk te omschrijven; duidelijk is dat de zorg voor het milieu meer belangstelling begint te krijgen en dat er in het buitenland, met name in Amerika, reeds enige tijd op grotere schaal acties tegen de kernenergie worden ondernomen. Enige onbeduidende voorvallen in Dodewaard, die een jaar eerder geen aandacht zouden hebben gekregen, ontvingen nu de volle belangstelling van alle publiciteitsmedia. Op zich zou hiertegen niet zo veel bezwaar zijn, wanneer de informatie maar niet zo eenzijdig en zelfs tendentieus gebracht werd: een zonder meer absoluut foute kop op de voorpagina van een dagblad ("scheur in reactorvat") werd in een latere televisie uitzending zelfs getoond met een atoombomexplosie op de achtergrond; ook vragen aan de ministers gesteld waren gebaseerd op dagbladartikelen zonder dat vooraf een poging werd gedaan deze informatie op betrouwbaarheid te controleren. De vragen van de kamerleden kregen veel publiciteit; aan het antwoord van de ministers op deze vragen, waaruit een diepgaand onderzoek naar de situatie bleek, werd in de pers nauwelijks aandacht besteed.

Op 8 januari werd de installatie uit bedrijf genomen om de kern te herladen en een uitgebreid inspectie- en onderhoudsprogramma af te werken. Dit was op 23 januari vrijwel gereed toen bij het persen van het reactorvat - routine-handeling nadat het vat open is geweest - een kleine lekkage werd geconstateerd. De lekkage bleek afkomstig te zijn uit een klein scheurtje op een scherpe overgang van het roestvrijstalen overgangsstuk tussen een kleine stomp van het reactorvat en de aansluitende instrumentatieleiding, diameter 40 mm. Het scheurtje werd plaatselijk gerepareerd, maar bij het opnieuw persen van het reactorvat en inspecteren van de stomp werden nog meer defecten geconstateerd. Besloten werd de betreffende stomp af te blinden door het aanbrengen van een blind overgangsstuk en de instrumentatieleiding op een goed toegankelijke plaats op de voedingwaterleiding aan te sluiten.

De reparatie aan het reactorvat duurde met besprekingen, oefeningen in een 1 : 1 model, het uitvoeren van de eigenlijke reparatie en daaropvolgende inspecties, van 23 januari tot 13 februari, de dag waarop de installatie weer in bedrijf werd genomen.

Dit voorval met het haarscheurtje kwam sterk in de publiciteit.

Nog meer publiciteit haalden de artikelen in de Volkskrant op 16 en 17 maart, waarbij de goede naam van de bedrijfsorganisatie sterk in opspraak kwam. Hoewel de goede lezer duidelijk het tendentieuze aspect van de Volkskrant artikelen opviel, hebben toch alle publiciteitsmedia veel aandacht aan de beschuldigingen gegeven; teneinde deze te kunnen weerleggen is op 17 maart een persconferentie belegd. Gebaseerd op de dubieuze informatiebron van de Volkskrant zijn door enkele kamerleden vragen aan betreffende ministers gesteld. Deze vragen behandelden dezelfde aspecten die ook in de publiciteit waren, met name de stralingscontrole in de centrale, de veiligheidsaspecten van de centrale, het toezicht door de autoriteiten op de centrale en de radioactieve afval die op een kernenergiecentrale wordt geproduceerd. De vragen van de kamerleden werden zeer uitvoerig door de ministers beantwoord; hieruit bleek dat er in geen enkel opzicht enige onveilige situatie is geweest. Er waren steeds voldoende waarborgen voor de veiligheid van eigen personeel en van "derden", op de kernenergiecentrale werkzaam, en voor de bescherming van het milieu; de autoriteiten waren steeds voldoende geïnformeerd en vonden een nader onderzoek niet noodzakelijk.

Op de bevolking van Dodewaard heeft de publiciteit over de kernenergiecentrale weinig indruk gemaakt. Er was een goed bezochte informatie bijeenkomst, waarbij wel de standaard vragen werden gesteld, die echter beslist geen ongerustheid weergaven.

Tijdens 5 open avonden is de centrale door een groot aantal omwonenden bezocht; men heeft - zoals tijdens eerdergenoemde persconferentie - alles kunnen vragen en zien en weer bleek dat van ongerustheid geen sprake was.

Inmiddels werd het vervangen overgangsstuk na zorgvuldige decontaminatie van radioactieve corrosieproducten op het metaalkundig laboratorium van de KEMA onderzocht, mede volgens een programma in samenwerking met de Dienst voor het Stoomwezen opgesteld; eerst werden alle mogelijke niet-destructieve onderzoeksmethodes (onder andere ultrasoon) uitgeprobeerd, daarna werden destructieve onderzoeken verricht (onder andere trekproeven en microscopie). Het oorspronkelijk met het overgangsstuk nog aan het reactorvat in dit stuk geconstateerde haarscheurtje had als duidelijke oorzaak de foutief opgehangen aansluitende leiding. In het laboratorium werden echter nog enkele materiaaldefecten gevonden die niet zonder meer waren te verklaren.

Hierom werd besloten ook overige overgangsstukken te inspecteren, hoewel zich beslist nog geen onveilige situatie voordeed: de eigenschappen van het materiaal zijn zodanig dat een afscheuren van de op het reactorvat aangesloten leiding hoogst onwaarschijnlijk is, terwijl het omhullende insluitingssysteem de gevolgen van een eventuele dergelijke breuk immers tot het hiervoor ontworpen insluitingssysteem moet beperken, zelfs al zou de grootste leiding volledig afbreken. Op 15 mei werd de centrale voor deze nadere inspectie stilgelegd.

Het is duidelijk dat na het voorafgaande deze inspectie voor de publiciteitsmedia weer aanleiding was er enige aandacht aan te geven. Vele oude, inmiddels uitvoerig besproken onderwerpen, werden nogmaals ter sprake gebracht, hoewel zich hierbij geen nieuwe gezichtspunten voordeden. Terwijl de voorgaande moeilijkheden van maart vooral van organisatorische en procedurele aard waren, die de autoriteiten geen aanleiding gaven tot een nader onderzoek, waren de technische moeilijkheden wel oorzaak tot een zeer intensief contact met vele autoriteiten.

Onder andere werd door minster Boersma (onder wiens departement ressorteren de Kernfysische dienst van de Arbeidsinspectie, de Arbeidsinspectie, de Inspectie van de Volksgezondheid belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu en de Dienst voor het Stoomwezen) een bezoek aan de kernenergiecentrale gebracht; hierbij heeft de minister verklaard dat de beveiliging van de centrale zodanig is dat er geen enkele reden tot verontrusting over de veiligheid van de kernenergiecentrale behoeft te bestaan.

Voor de inspectie van de overgangsstukken op het reactorvat werd gebruik gemaakt van ultrasoon onderzoek volgens een methode die op het metaalkundig laboratorium van de KEMA was uitgeprobeerd; hiermede zouden eventuele defecten in de overgangsstukken kunnen worden geconstateerd voordat lekkage optreedt. Bij deze inspectie werd op nog een van de overgangsstukken een indicatie gevonden; daar het voor dit stuk moeilijk was nauwkeurig vast te stellen of de indicatie aan een defect te wijten was werd voor alle zekerheid besloten het overgangsstuk uit te wisselen voor een nieuw stuk. Op alle andere onderzochte overgangsstukken werden geen fouten waargenomen.

Door de betreffende autoriteiten, die de inspecties op de voet hebben gevolgd, werd dan ook toestemming verleend om de centrale weer in bedrijf te stellen, zodra de vervanging van het overgangsstuk met de indicatie volgens de eisen van de Dienst voor het Stoomwezen was gerealiseerd.

Voor de zo goed mogelijke voorbereiding van de vervanging werd weer een model gebouwd, waarop eerst is geoefend. Zowel de inspecties als de vervanging werden opgedragen aan de Rijn-Schelde-Verolme groep, waarin ook de fabrikant van het reactorvat (RDM) is opgenomen. Toezicht en steun werden verleend door GKN en in vele opzichten ook door de KEMA (stralingscontrole door hiervoor opgeleid personeel van KRL en andere afdelingen; adviezen, onderzoeken en inspecties door LMT; bouw van het model door de Technische Dienst etc.).

De voorbereidingen, inspecties, oefeningen en de eigenlijke vervanging hebben bijna 10 weken genomen. Van deze tijd is echter gebruik gemaakt om onderhoudswerkzaamheden uit te voeren en de reactorkern van verse splijtstof te voorzien (oorspronkelijk gepland voor oktober), zodat een nieuwe bedrijfscyclus kon worden begonnen en tot in het voorjaar 1973 kan worden doorgedraaid.

De centrale werd op 23 juli weer in bedrijf gesteld.

De hierboven genoemde defecten in de overgangsstukken op stomp van het reactorvat zijn aanleiding geweest tot een sterk verminderde productie. Voor 1972 was rekening gehouden met twee splijtstofwisselperiodes van 25 respectievelijk 31 dagen, in werkelijkheid hebben deze periodes 35 respectievelijk 68 dagen gekost, dat wil zeggen een productie vermindering van 10 respectievelijk 37 of totaal 47 dagen. Voor het overige gedeelte van het productiejaar is 95% beschikbaarheid aangenomen; in werkelijkheid werd 96,5% gehaald.

Onder deze 3,5% niet beschikbaarheid valt een bedrijfs-onderbreking van bijna 8 dagen, tegen eind december, voor een ingrijpende reparatie in de voorlagerbok, vele tandwielen bleken beschadigd. De gelukkige omstandigheid deed zich voor dat alle onderdelen van collegabedrijven konden worden geleend.

Buiten de genoemde bedrijfs-onderbrekingen moest de centrale nog een keer uit bedrijf worden genomen voor het opheffen van een lekkage.

De belangrijkste bedrijfsgegevens over 1972 zijn in tabelvorm samengevat en vergeleken met voorgaande jaren. Hieruit blijkt dat de beschikbaarheid van de centrale over de vier bedrijfsjaren gemiddeld 74,25% is geweest.

Ook in dit verslagjaar werden weer vele metingen verricht ten behoeve van de aanvraag om de reactor op een hoger vermogen te kunnen bedrijven.

In de kern werden lokale hoogvermogen metingen uitgevoerd en wel in het geïnstrumenteerde splijtstofelement ter verkrijging van gegevens voor reactorbedrijf op hoger vermogen en in een splijtstofelement met een experimenteel tussenrooster ter bestudering van het gedrag van dit rooster.

In het vorige verslagjaar werden reeds metingen gedaan op een reactorvermogen van 183 MWt, waarbij een gedeelte van de stoom om de turbine moest worden geleid. Inmiddels is Stoomwezen accoord gegaan met de drukverhoging tot 80 ata, zowel voor reactorvat als voor alle overige apparaten en leidingsystemen, na hiervoor ingediende berekeningen en tijdens de januari-stop uitgevoerde herbeproevingen. Berekeningen inzake het reactorgedrag bij hogere druk werden ook ingediend bij de Commissie Reactor Veiligheid van de Arbeidsinspectie; toestemming werd verkregen om metingen te doen bij hogere drukken.

Dit maakte het mogelijk het slokvermogen van de turbine op te voeren tot 183 MWt. Het onder de gemiddelde koelwatercondities hierbij behorende bruto elektrische generatorvermogen bedraagt 58 MWe, hetgeen bereikt kon worden bij een reactordruk van 74,5 ato. Bij dit thermisch vermogen en ook bij lager thermisch vermogen doch bij hogere drukken tot 80 ata zijn weer uitvoerige metingen gedaan. Gebleken is dat bij 183 MWt en ook bij 80 ata de centrale goed en veilig te bedrijven is.

Na afloop van deze metingen werden de druk en het vermogen, in afwachting van de definitieve toestemming om het nominale vermogen van de installatie te verhogen tot 183 MWt, teruggebracht naar de ontwerpcondities 70,3 ato en 163,4 MWt. Deze toestemming is mede afhankelijk van berekeningen die volgens nieuwe criteria worden gemaakt van het ongeluk waarbij afbreken van een leiding wordt gepostuleerd; hierbij gaat het om de maximaal te bereiken temperatuur van de bekleding van de splijtstofstaafjes, die afhankelijk is van het reactorvermogen en de fluxverdeling in de reactor-kern.

Inzake de overeenkomst voor de levering van de turbine met bijbehorende systemen werden zodanige afspraken gemaakt dat de verplichtingen van de leverancier in 1973 praktisch geheel kunnen worden beëindigd.

Op grond van gunstige ervaringen met een andere door AEI geleverde onder gelijksoortige omstandigheden reeds meerdere jaren in bedrijf zijnde turbine werd besloten dat alle turbinekleppen van nitreerstalen klepstang en dichtingsbuscombinaties zullen worden voorzien, in plaats van de huidige chroomgeharde klepstangen en nikkel-messing dichtingsbussen; deze wijziging zal in komende splijtstofwisselstop april 1973 worden uitgevoerd.

Nadat in het vorig jaar belangrijke verbeteringen werden aangebracht aan de installatie voor de verwerking van radio-actief ingedikt vloeibaar afval kon in dit verslagjaar de opgeslagen productie van voorgaande jaren geheel worden verwerkt en afgevoerd.

De inspecties en reparaties van de overgangsstukken op de stompen van het reactorvat hebben een aanzienlijke stralingsbelasting van het personeel opgeleverd. Daar buiten deze reparaties de storingen aan radioactieve systemen minimaal zijn geweest kon toch tegen het einde van het jaar weer een belangrijke stralingsdosisreserve worden opgebouwd.

De in het vorige verslagjaar verwachte eindbezetting van 75 man werd nog niet bereikt; inclusief vacatures is de personeelsbezetting op het eind van het verslagjaar 73 man.

1.2. De bedrijfsonderbrekingen

In het afgelopen jaar deden zich 7 bedrijfsonderbrekingen voor, waarbij twee lange niet-geplande bedrijfsonderbrekingen voor inspectie en reparatie van overgangsstukken aan het reactorvat. De eerste niet-geplande bedrijfs-onderbreking sloot aan op de splijtstofwisselstop van januari 1972.

Door moeilijkheden in de voorlagerbok van de turbine, er bleken een aantal tandwielen van de oliepompengroep ernstig beschadigd te zijn, deed zich in december tweemaal een noodstop van de reactor, welke werd gevolgd door een afschakeling van de turbine, voor.

De centrale moest tweemaal, kort na het uitvoeren van omvangrijke onderhoudswerkzaamheden, uit bedrijf worden genomen voor het verhelpen van op zich onbelangrijke lekkages, die voor een langdurige bedrijfsvoering hinderlijk hadden kunnen worden en daarom kort na hun ontstaan werden verholpen.

De bedrijfsonderbrekingen, zie ook "Bedrijfsoverzicht 1972", waren:

1. Bedrijfstesten voor aanvang van de splijtstofwisselstop.
2. Splijtstofwisselstop (januari)
3. Reparatie van een overgangsstuk (N25) aan het reactorvat. Deze stop sloot direct aan op stop no. 2 (februari).
4. Stoomlekage aan de turbine (februari).
5. Inspectie-programma overgangsstukken reactorvat gevolgd door vervanging van het overgangsstuk aan stomp N19, met daarbij splijtstofwisselen en revisies (mei - juni - juli).
6. Verhelpen van lekkages aan twee terugslagkleppen in de reactorkamer (augustus).
7. Vervangen van beschadigde tandwielen in de voorlagerbok van de turbine (december).

Op 8 januari (!) werden, voorafgaande aan de geplande splijtstofwisselstop, testen uitgevoerd; waaronder het controleren van het automatisch omlopen van de turbine-ontwateringen, het uit- en inbedrijfnemen van de automatische spanningsregelaar van de generator, het beproeven van de turbine overtoerenbeveiliging, het testen van de minimumdrukregelklep (MPR) als reactordrukregelaar en het scramtesten van enige regelstaven bij verschillende reactor-drukken. Een aantal van deze testen werd uitgevoerd met de generator van het net.

Tijdens de splijtstofwisselstop (2) werden 40 nieuwe elementen in de kern geplaatst, parallel hieraan werden revisie en onderhoudswerkzaamheden uitgevoerd en werd een omvangrijk inspectie programma voor de Dienst voor het Stoomwezen afgewerkt.

Deze tweede splijtstofwisselstop van de centrale werd op 23 januari afgesloten met het persen van het reeds weer gesloten en nucleair opgewarmde reactorvat, dat was vijftien dagen na het afregelen van de installatie. Uit de korte duur van deze splijtstofwisselstop blijkt dat met goed afstandsgereedschap en met geroutineerd personeel de reactor in korte tijd kan worden herladen.

Bij het persen van het reactorvat, op 23 januari, werd een geringe lekkage geconstateerd, welke afkomstig bleek te zijn van stomp N25 van het reactorvat. Het defecte overgangsstuk, het ging om een haarscheurtje op een scherpe overgang van het roestvaststalen overgangsstuk tussen de reactorvatstomp en de aansluitende leiding, werd eerst plaatselijk gerepareerd. Toen dit niet afdoende was werd besloten deze stomp af te blinden door een blind overgangsstuk aan te brengen en de erop aangesloten overstortleiding van het regelstaafaanrijfsysteem aan te sluiten op de voedingwaterleiding. Het repareren van de lekkage bij stomp N25 is opgevat als een nieuwe, ongeplande, bedrijfsonderbreking (3), die om de reeds genoemde redenen 23 dagen duurde. De installatie werd op 13 februari weer in bedrijf genomen.

Op 14 februari volgde een korte stop (4) van circa 6 uur om een blindflens aan de hoofdstoomleiding bij de turbine, die tijdens de voorgaande stop niet open was geweest maar na opstarten ging lekken, opnieuw te verpakken.

Bij het, in overleg met de Dienst voor het Stoomwezen, uitgevoerde onderzoek aan het overgangsstuk van N25 werden verdere scheurindicaties gevonden. In overleg met de autoriteiten werd daarom besloten het tijdens de tweede splijtstofwisselstop in 1972 uit te voeren reactorvat-inspectieprogramma, gepland voor oktober 1972, vroeger te gaan afwerken. De installatie werd op 15 mei uit bedrijf genomen (stop 5) om een representatief aantal overgangsstukken te inspecteren.

Bij deze inspectie werd, met behulp van een ultrasoon onderzoek methode, op het overgangsstuk van stomp N19 van het kerninundatiesysteem een scheurindicatie gevonden. In overleg met de autoriteiten werd besloten om voor alle zekerheid het betreffende overgangsstuk te vervangen en de nog overblijvende overgangsstukken ook te inspecteren. Bij het vervolg onderzoek werden geen verdere scheurindicaties aangetroffen.

Tijdens het inspectieprogramma werd zoveel mogelijk onderhoudswerk dat voor de oktober 1972-stop was gepland uitgevoerd, hierbij werd ook het splijtstofwisselen betrokken toen het mogelijk bleek te zijn de in productie zijnde splijtstofelementen tijdig te doen leveren. Door het oktober programma volledig af te werken kan de centrale tot begin 1973 in bedrijf blijven.

De inspecties van de overgangsstukken namen circa drie weken in beslag, het splijtstofwisselen een week en het vervangen van het overgangsstuk van N19 zes weken. Het repareren nam zoveel tijd in beslag omdat speciale gereedschappen moesten worden aangemaakt, onder andere een kottermachine, er geoefend moest worden in een 1 : 1 model en omdat een der nieuw gelegde lassen werd afgekeurd, waarna een moeilijke reparatieperiode begon, waarvoor ook eerst in het model geoefend moest worden. Op zich bestond het vervangen van het overgangsstuk uit het maken van drie snedes, het aanbrengen van de nodige lasneuzen en het leggen van drie lassen, dit alles in een pijp met een diameter van 220 mm en een wanddikte van circa 17 mm.

De laatste systeemcontroles werden op 21 juli uitgevoerd en na de voorgeschreven opstarttesten kon de centrale na een stilstandsperiode van 67 dagen weer op het net worden gebracht.

Op 22 augustus werd de installatie voor korte tijd uit bedrijf genomen (6) om een lekkage binnen het insluit-systeem te verhelpen. De geconstateerde geringe lekkage bleek, zoals uit metingen was afgeleid, afkomstig te zijn van de deksels van de terugslagkleppen van de kerninundatiesysteemleidingen, die in de inspectie-reparatie stop (5) los waren geweest.

Tenslotte deed zich in december een ongeplande bedrijfs-onderbreking voor (7), die op 16 december werd ingeleid met een automatische nood-uitschakeling van de reactor op een te hoge neutronenflux gevolgd door een turbinetrip op de terugwattbeveiliging van de generator. Na een aantal testen, herhaald opstarten en het aanbrengen van extra instrumentatie op het turbine olie- en beveiligingssysteem, werd op 18 december bij het aanlopen van de turbine in de voorlagerbok een bonkend geluid gehoord. Na openen van de voorlagerbok voor inspectie bleken de tandwielcombinaties van de er in ondergebrachte pompengroep, door tot nog toe onbekende oorzaak, ernstig beschadigd te zijn. De defecte tandwielen werden, onder andere door deze van andere centrales te lenen, door nieuwe vervangen en na uitgebreide in bedrijf name beproevingen werd de energieproductie op 25 december weer voortgezet.

De onderbrekingen van het centrale bedrijf kunnen als volgt worden ingedeeld:

Geplande stops : 2 Totale duur : ± 15 dagen.

no.	reden	duur	
		uren	% max. moge- lijke be- drijfsduur
1,2	splijtstofwisselen en revisies	353	4

Niet-geplande stops : 5 Totale duur : ± 100 dagen.

no.	reden	duur	
		uren	%
3	reparatie van overgangsstuk N25 van het reactorvat	503	5,7
4	stoomlekkage langs een blindflens op de hoofdstoomleiding bij de turbine	22	0,2
5	inspectie van overgangsstukken aan de reactorvatstompen (<u>±</u> 500 uur) splijtstofwisselen (<u>±</u> 170 uur) vervanging van over- gangsstuk N19 (<u>±</u> 1000 uur)	1653	18,9
6	verhelpen van lekkages langs deksels van terugslagkleppen die in stop 5 open waren geweest	28	0,3
7	reparatie van de tandwielen van de oliepompen in de voorlagerbok	163	1,9

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de geplande en niet-geplande stops over de voorgaande bedrijfsjaren.

	1972	1971	1970	1969
gepland	2	3	7	10
niet-gepland	5	2	8	18
waaronder noodstops	1	0	3	12

De centrale is 31,4% van het jaar buiten bedrijf geweest, waarvan 22,8% voor inspectie en reparatie van de overgangsstukken aan het reactorvat.

De belangrijkste bedrijfsgegevens over 1972 kunnen als volgt worden samengevat en vergeleken met voorgaande jaren.

	1972	1971	1970	1969	
MW(th) nominaal	163,4	163,4	163,4	163,4	MWt
MW(e) nominaal	54	54	54	54	MWe
Max. mogelijk aantal bedrijfsuren	8784	8760	8760	8760	h
Reactorbeschikbaarheidsuren	6384	7671	7467	8742	h
Turbogenerator beschikbaarheidsuren	8213	7868	7935	6439	h
Max. mogelijke opwekking van thermische energie	1498,2	1480,5	1431,4	1431,4	GWh
Opgewekte thermische energie	1015,9	1273,2	1143,2	1013,1	GWh
Gemiddelde versplijting van de kern in de huidige toestand	9266	11049	9928	4908	MWd/ton
Max. mogelijke opwekking van elektrische energie	480,9	478,15	473,07	473,07	GWh
Opgewekte elektrische energie	325,9	404,8	367,98	315,49	GWh
Eigenverbruik aan elektrische energie	19,3	21,6	20,93	18,75	GWh
Netto geleverde elektrische energie	306,5	383,2	347,24	296,74	GWh
Beschikbaarheid van de reactor naar uren	72,7	87,5	85,2	99,79	%
Beschikbaarheid van de reactor naar 163,4 MWt	67,8	86,0	79,9	70,9	%
Beschikbaarheid van de turbogenerator naar uren	93,5	89,8	90,6	73,5	%
Beschikbaarheid van de centrale naar uren	68,6	86,7	81,3	73,4	%
Beschikbaarheid van de centrale naar vermogen	67,9	84,7	77,8	66,6	%

BEDRIJFSOVERZICHT 1972 .

dag mnd.																																Uren		Stop no.	Opwekking GWh(th)			Opwekking GWh(e)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	max.	bedrijf		max.	mnd.	v.a. 1-1-72	max.	mnd.	v.a. 1-1-72
jan.																																744	188	1, 2, 3.	128,7	25,9	25,9	40,9	8,4	8,4
feb.																																696	372	3, 4.	120,4	63,7	89,6	38,3	19,5	27,9
mrt.																																744	744		128,7	128,1	217,7	40,9	41,6	69,5
apr.																																720	720		124,5	122	339,7	39,6	39,1	108,6
mei																																744	341,42	5	128,7	57,4	379,1	40,9	18,54	127,19
juni																																720	0	5	124,5	0	397,1	39,6	0	127,9
juli																																744	211,17	5	128,7	39,3	436,4	40,9	11,47	138,66
aug.																																744	716,52	6	128,7	126,1	562,5	40,9	39,91	178,57
sept.																																720	720		124,5	127,8	690,3	39,6	41,3	219,87
okt.																																744	744		121,56	124,6	814,9	40,2	39,73	259,60
nov.																																720	720		117,64	116,5	931,4	38,9	37,55	297,15
dec.																																744	548	7	121,56	84,5	1015,9	40,2	28,65	325,8
1972 totaal																																8784	6026	7	1498,56	1015,9		480,9	325,8	

Stop no.:

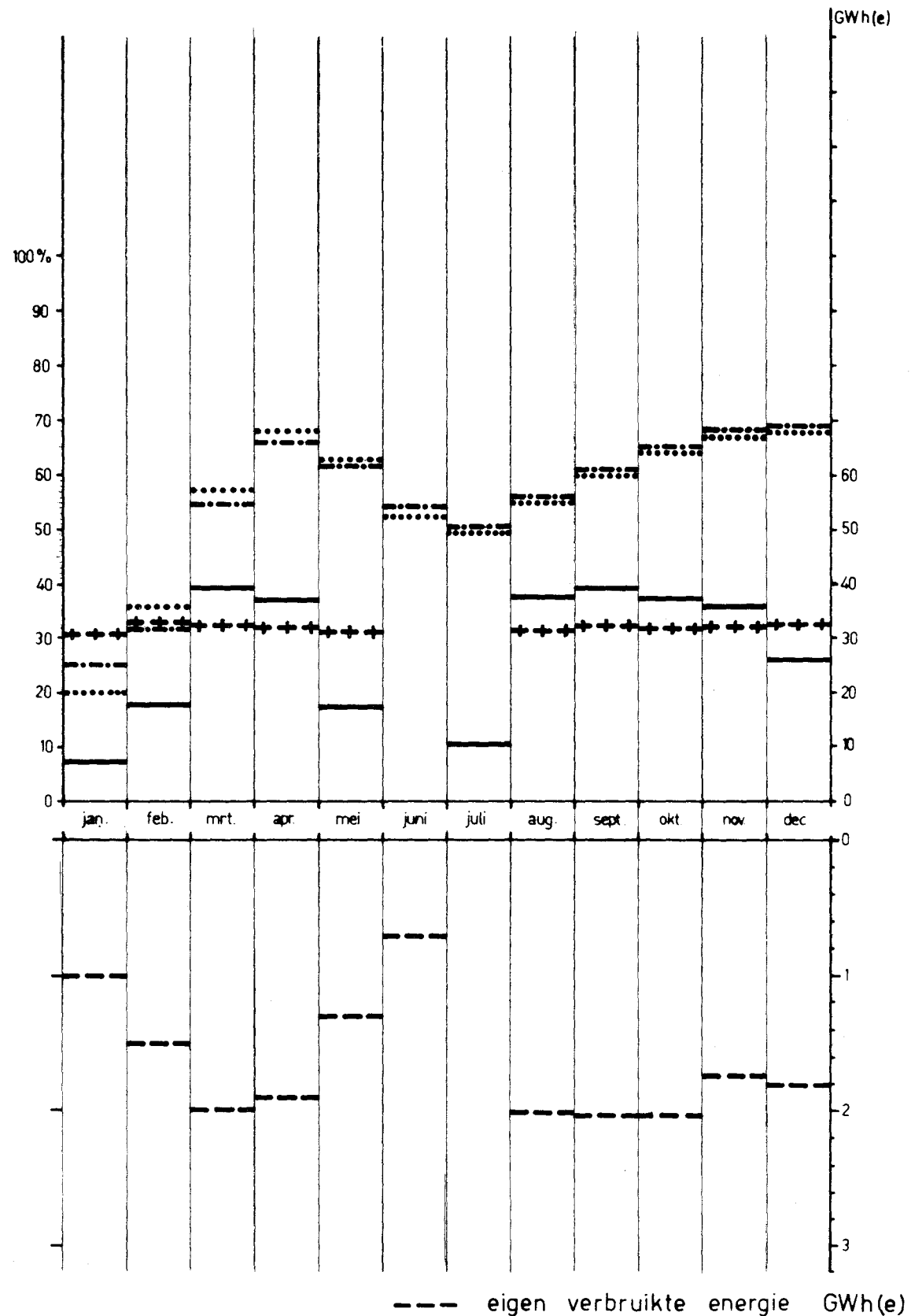
1. Testen voor stop 8-1 (20.08 u.) → 8-1 (23.25 u.) tot. 3.17 u.
2. Splijtstofwisselen 8-1 → 23-1 (14.00 u.) tot. 349.36 u.
3. Reparatie N 25 23-1 (14.00 u.) → 13-2 (13.04 u.) tot. 503 u.
4. Stoomlekage turbine 14-2 (08.13 u.) → 15-2 (06.20 u.) tot. 22.07 u.
5. Inspektieprogramma overgangsstukken RV en reparatie N19, revisiewerkzaamheden en splijtstofwisselen. 15-5 (12.00 u.) tot 23-7 (09.35 u.) totaal 1653,35 u.
6. Verhelpen lekkages aan terugslagkleppen 04020 en 04022 in de reactorkamer. 21-8 (22.00 u.) tot 23-8 (02.31 u.) totaal 28,31 u.
7. Reparatie tandwielen van oliepompen in voorlagerbok turbine installatie. 18-12 (21.40 u.) tot 25-12 (17.16 u.) totaal 163,36 u.

LEGENDE :

- op het net, normaal vermogen.
- ▨ op het net, met verlaagd vermogen.
- ▩ beschikbaar (niet op het net.)
- ▧ niet beschikbaar.

BESCHIKBAARHEIDSPERCENTAGE CENTRALE IN 1972.

- t.o.v. max. mogelijke bedrijfsduur van af 1 jan. 1972.
- t.o.v. max. 173,0 MW (th) van af 1 jan. 1972 .
- +++ rendement (bruto)
- geleverde elektrische energie (netto) GWh(e)/mnd.



1.3. Totaal overzicht scrams, trips, starts en stops in 1972.

Naar hun oorzaken verdeeld zijn in het volgende overzicht, per maand, de reactorscrams en de generator- en turbine-afschakelingen gegeven.

Scrams van de reactor traden 3 maal op, 1 maal volgens de afregelprocedure bij zeer laag vermogen ten behoeve van persen van het reactorvat en 2 maal, met de installatie volledig in bedrijf, ten gevolge van een storing in het turbine-oliesysteem (stop 1972-7). De scrams met de reactor uit bedrijf, totaal 21, waren nodig voor het persen van het reactorvat of waren eengevolg van schakelmanipulaties bij testen van het reactorbeveiligingssysteem, het omschakelen van voedingsspanningen en onrustige periodekanalen.

Generator-turbine afschakelingen met de centrale in bedrijf deden zich 2 maal voor (stop 1972-7) ten gevolge van een plotselinge en tot nog toe niet goed verklaarbare storing in het turbine oliesysteem. Wel bleek, na een aantal testen en inspectie van de voorlagerbok van de turbine, dat vele tandwielen van de pompengroep, die de regel- en stuurolie levert, ernstig beschadigd waren.

De oorzaken van de scrams en afschakelingen zijn de volgende:

- reactorscrams

handafschakelingen:

- | | |
|--|--------|
| - volgens afregelprocedure voor stop
(bij zeer laag vermogen) | 1 maal |
| - voor persen van het reactorvat | 8 maal |

niet-handafschakelingen:

- | | |
|---|--------|
| - noodstop op hoge flux (stop 1972-7) | 2 maal |
| - instrumentatiefout ten gevolge van onrustige
periodekanalen tijdens onderhoud (2 maal)
ten gevolge van stoten tegen kabel tijdens
onderhoud (1 maal) | 3 maal |
| - testen van het reactorbeveiligingssysteem | 5 maal |
| - bedieningsfout bij herstellen van de
reactorbeveiligingsketens | 2 maal |
| - tijdens substitutie metingen bij geopend
reactorvat | 1 maal |
| - bij omschakeling van voedingen van/naar
150 kV-lijn, PGEM-voeding en noodstroom-
aggregaat | 2 maal |

- turbine		
handafschakelingen:		
- aanvang bedrijfsonderbreking	5	maal
- testen terugwattbeveiliging van de generator	1	maal
niet-handafschakelingen:		
- noodstop, storing in het turbine-oliesysteem	2	maal
- beproeven van de turbine overtoeren- beveiliging	7	maal
- ten gevolge van instrumentatie fout in het anticipatiesignaal van de BPR-klep; tijdens opstarten	2	maal
- generator		
handafschakelingen:		
- aanvang bedrijfsonderbreking	5	maal
niet-handafschakelingen:		
- noodstop, storing in turbine oliesysteem	2	maal
- ten gevolge van instrumentatiefout in het anticipatiesignaal van de BPR-klep; tijdens opstarten	2	maal
- testen terugwattbeveiliging	1	maal

Vergelijking van de scrams en afschakelingen met voorgaande jaren geeft

	1972	1971	1970	1969
scrams niet met de hand	2	5	4	17
turbineafschakelingen niet met de hand	11	12	6	31
generator afschakelingen niet met de hand	5	5	1	3

Het betrekkelijk hoge aantal turbineafschakelingen in 1972 komt door de uitgevoerde bedrijfsbeproevingen (7 maal turbine overtoerenbeveiliging), er traden 2 nood-uitschakelingen op.

1.4. Het onderhoud van de centrale

Het onderhoud van de centrale heeft in technisch opzicht, behoudens de reparatie van twee overgangsstukken aan het reactorvat waarover elders in dit rapport geschreven wordt, geen grote problemen opgeleverd.

Belangrijke modificaties aan systemen waren niet noodzakelijk, wel werden ter vermindering van de stralingsbelasting op enkele plaatsen waar regelmatig wordt gewerkt of waar veel mensen passeren, stukken leiding met een gezamenlijke lengte van circa 15 meter van een permanente loodafscherming voorzien.

Het aantal uitgeschreven storingsformulieren blijft per jaar circa 1000, terwijl ook de verdeling over de onderhoudsgroepen per jaar geen grote verschillen te zien geeft. Totaal werden 951 storingsformulieren afgewerkt. De neiging schijnt te bestaan de urgentie van de storing hoog op te voeren, want van de 3 opgegeven "noodstop-noodzakelijk" gevallen was er slechts één een echte noodstop (stop 1972-7), op de 5 opgegeven "zo spoedig mogelijk uit bedrijf"-gevallen volgde in geen enkel geval een directe bedrijfsonderbreking en ook onder "bedrijf langer dan 5 uur mogelijk" werd te veel geboekt.

De in de voorgaande jaren opgedane ervaring met het bewerken, voor onderhoud, van radioactiefbesmette onderdelen in de buiten het gecontroleerde gebied gelegen mechanische werkplaats heeft er toe geleid dat in het reactorgebouw een eenvoudige werkplaats wordt ingericht waarin de meest voorkomende bewerkingen, zoals zagen, boren, fraizen en draaien, kunnen worden uitgevoerd onder het nemen van, binnen gecontroleerd gebied, licht te noemen veiligheidsmaatregelen. Het beschikbaar zijn van deze werkplaats binnen gecontroleerd gebied betekent een aanzienlijke vereenvoudiging van de veiligheidsprocedures voor het bewerken van besmet materiaal en geeft een grote besparing aan manuren.

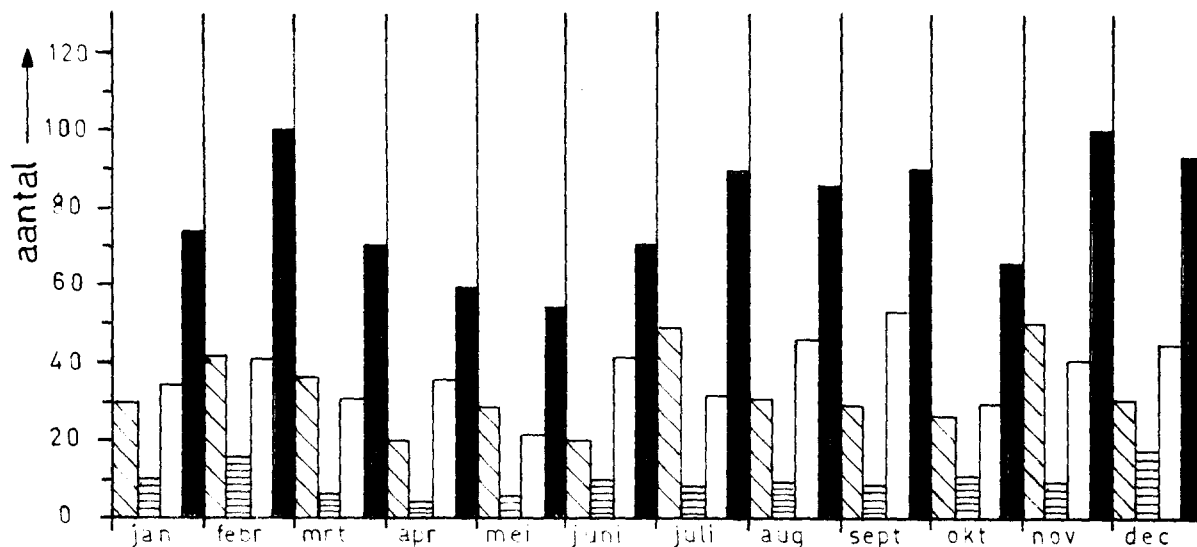
Verder, in de loop van 1972 genomen, maatregelen om het werken binnen de centrale efficiënter te doen verlopen zijn geweest het op grote gereedschapsborden overzichtelijk aanbrengen, op de betreffende vloeren, van alle splijtstofwisselgereedschappen, de gereedschappen voor het reviseren van de regelstaafaandrijfmechanismen, de gereedschappen die in de reactorkamer worden gebruikt en alle speciale turbine gereedschappen en hulpstukken.

De gereedschapswagentjes die bij de onderhoudsdiensten in gebruik zijn blijken zo goed te voldoen dat ook hieraan een uitbreiding is gegeven.

Een verdeling van de storingen naar onderhoudsdienst, urgentie en oorzaak voor de achtereenvolgende bedrijfsjaren ziet er als volgt uit:

	1972 jan. t/m dec.	1971 jan. t/m dec.	1970 apr. t/m dec.	1969 jan. t/m dec.
Totaal aantal gemelde storingen	951	1037	1070	1326
Afgewerkt door W.O.	387	384	403	492
E.O.	113	153	144	169
I.O.	451	501	553	665
Opgegeven urgentie:				
noodstop noodzakelijk	3	2	0	---
zo spoedig mogelijk uit bedrijf	5	6	5	---
bedrijf langer dan 5 uur mogelijk	239	182	105	---
bedrijf langer dan 30 dagen mogelijk	671	804	953	---
op te heffen bij jaarlijkse revisie	4	42	7	---
Opgegeven oorzaak:				
ontwerp of nieuwbouw fout	82	98	158	---
vervuiling, slijtage	675	796	755	---
onbekend	185	143	157	---

AANTAL GEMELDE STORINGEN IN 1972



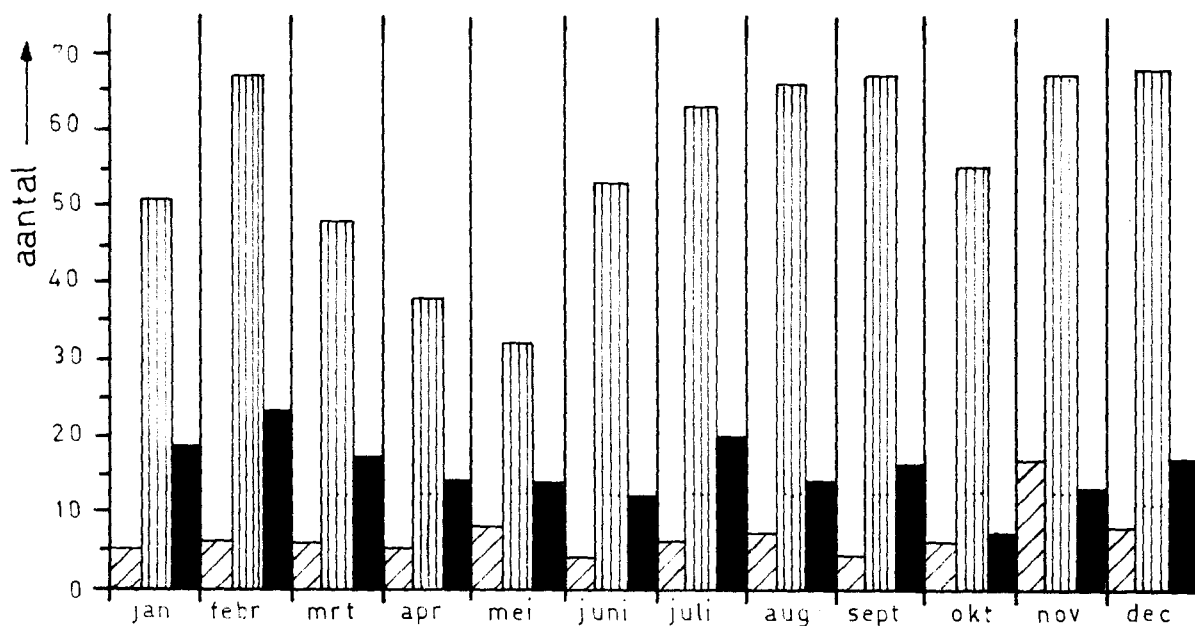
▨ = (W.O) Werktuigkundig onderhoud.

▤ = (E.O) Elektrotechnisch onderhoud.

□ = (I.O) Instrumentatie onderhoud.

■ = Totaal gemelde storingen.

OORZAAK VAN DE STORINGEN

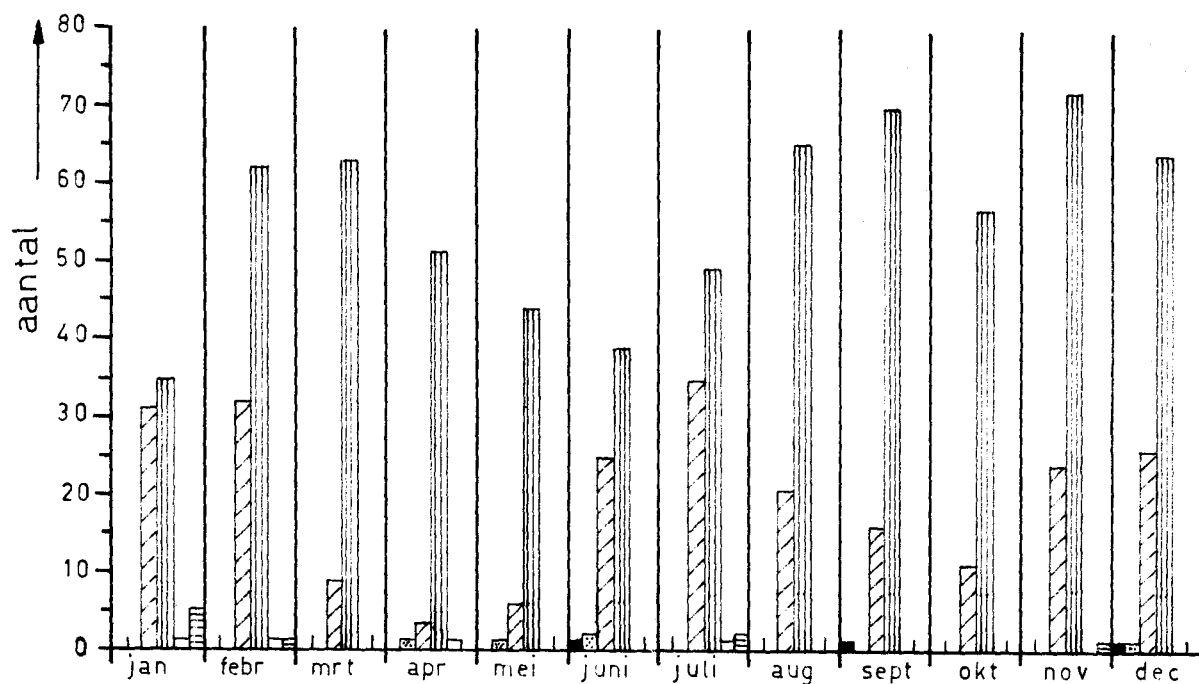


▨ - ontwerp-, fabricage-, montage-, materiaal fout.

▤ - slijtage, corrosie, vervuiling, ouderdom.

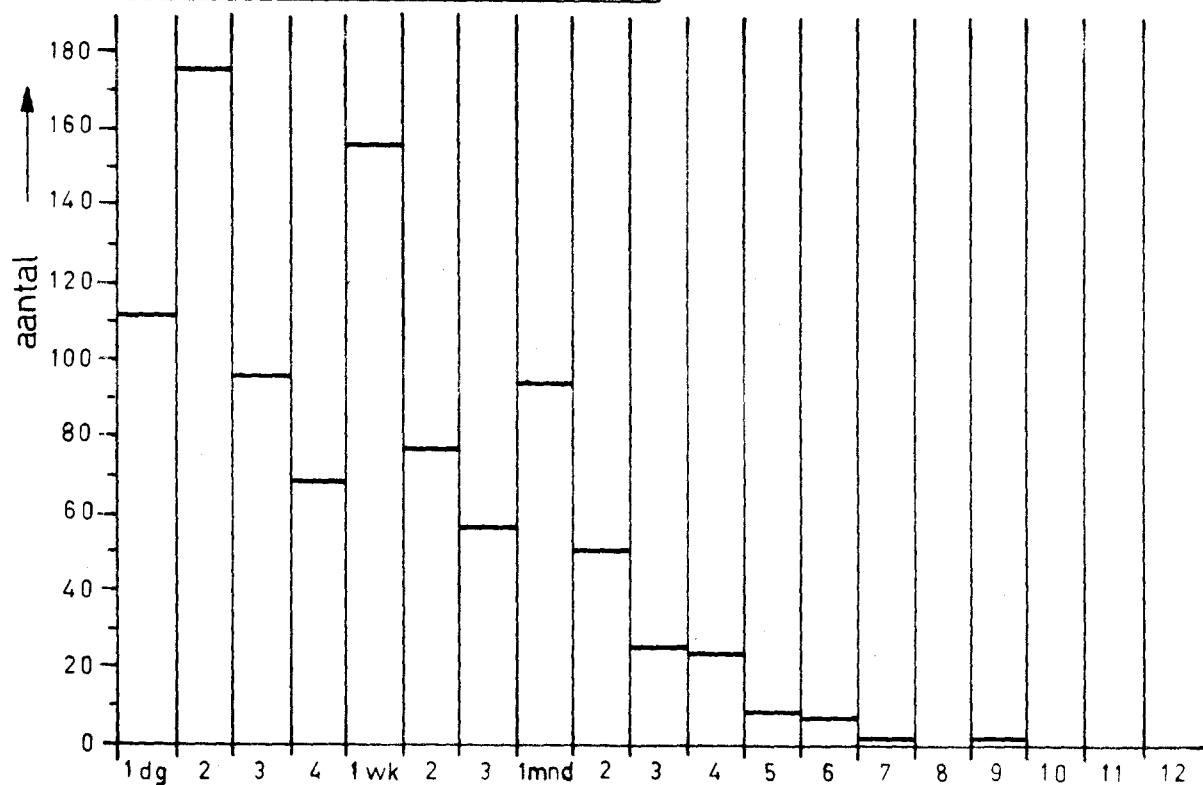
■ - onbekend

URGENTIE STORINGEN IN 1972



- = noodstop centrale
- ▤ = zo spoedig mogelijk uit bedrijf
- ▨ = bedrijf tussen 5 uur en 30 dagen mogelijk
- ▩ = bedrijf langer dan 30 dagen mogelijk
- = bij revisie
- ▦ = voortzetting reparatie vorige maand

STORINGEN OPGEHEVEN NA:



1.5. De personeelsbezetting

In de loop van 1972 werd het personeel van de centrale uitgebreid tot totaal 72 man. Zoals in het jaarrapport over 1971 reeds werd vermeld was het nog steeds noodzakelijk om derden in te zetten bij de werktuigkundige onderhoudsdienst, waar voortdurend achterstand bleef bestaan in het uit te voeren modificatie werk terwijl ook het preventieve onderhoud, het verhelpen van storingen en de revisies meer manuren gingen vragen; er werd daarom besloten deze dienst met twee onderhoudsmonteurs uit te breiden tot 8 man.

De bezetting van de centrale wacht is met één man versterkt en daarmee op totaal 29 personen gekomen om deze dienst mogelijk te maken een aantal van haar taken die buiten de directe bedrijfsvoering liggen af te werken, zoals verwerking van nat radioactiefafval, waterbehandeling, aan- en afvoer van splijtstofelementen, de verzorging van de administratieve stukken nodig voor de bedrijfsvoering en ook om vakanties en ziekteverzuim op te kunnen vangen.

De ontwikkeling van het personeelsbestand in de achterliggende bedrijfsjaren wordt in de volgende tabel gegeven:

	1969	1970	1971	1972
Bedrijfsleiding	2	3	3	3
Wacht	28	28	29	29
Werktuigkundige- onderhoudsdienst	5	7	8	9
Elektrotechnische onderhoudsdienst	4	4	4	4
Instrumentatie onderhoudsdienst	5	6	6	6
Corveedienst	7	8	8	9
Bedrijfsbureau	6	6	6	6
Chemisch laboratorium	2	2	2	2
Stralingscontrole- dienst	2	3	3	3
	—	—	—	—
Totaal	61	67	69	72

In de organisatievorm van de centrale, zie bijgevoegd organigram, zijn tot nog toe geen belangrijke wijzigingen aangebracht. Om tot een betere werkverdeling te komen zijn, aan de hand van praktijkervaringen, een aantal deeltaken verschoven. Alle handelingen met splijtstof, bestraald en onbestraald, zijn onder de verantwoordelijkheid van de centrale wacht gebracht die ook het beheer heeft gekregen over de afstandsgereedschappen die worden gebruikt bij het splijtstofwisselen. Het bedrijfsbureau is ingeschakeld bij de verwerking van bedrijfsinformatie en de verzorging van periodieke meldingen aan derden, waar onder de overheidsinstanties.

Voor groot onderhoud tijdens de splijtstofwisselstops en voor de inspectie en vervanging van overgangsstukken aan het reactorvat moesten vele derden worden ingeschakeld en werd door eigen personeel veel overwerk verricht. De bijgevoegde tabel "Uren overzicht onderhoudsdiensten" geeft een overzicht van de overuren en uren door derden gewerkt, in en buiten de stops, gedurende de afgelopen bedrijfsjaren.

De door enkele KEMA-afdelingen gegeven assistentie beliep in uren:

		1972	1971
Reactorphysicagroep	RPH	7714	11723
Groep bijzondere onderwerpen	BOK	6167	16648
Laboratorium voor mechanische technologie	LMT	7211	7830
Werktuigkundig projectenbureau	WPB	1399	13567

Het werk werd door deze groepen gedeeltelijk binnen de centrale verricht als praktisch onderzoek aan splijtstof-elementen (BOK), bewaking van de kern en beproevingen voor hoger vermogen (RPH), inspecties (LMT) en als begeleiding van bestellingen (onder andere BOK en LMT voor de series nieuwe splijtstofelementen) en als bureauwerk (onder andere WPB voor het ontwikkelen van afstandsgereedschap).

De teruggang in bestede uren is bij de RPH-groep te verklaren uit minder experimenteel werk op de centrale, bij BOK uit de vele manuren in 1971 aan de Vibrasol-elementen besteed en bij WPB uit het gereedkomen van vele noodzakelijke afstandsgereedschappen.

Ten gevolge van mutaties in de eigen stralingscontrole-dienst en vooral om te kunnen voorzien in voldoende toezicht bij de inspectie- en reparatiewerkzaamheden van de overgangsstukken op het reactorvat moest op grote schaal gebruik worden gemaakt van personeel van de Arnhemse Instellingen dat speciaal ter assistentie tijdens dergelijke piekbelastingen een korte opleiding heeft gehad; in totaal zal in 1972 ongeveer 3 manjaar aan dit werk zijn besteed.

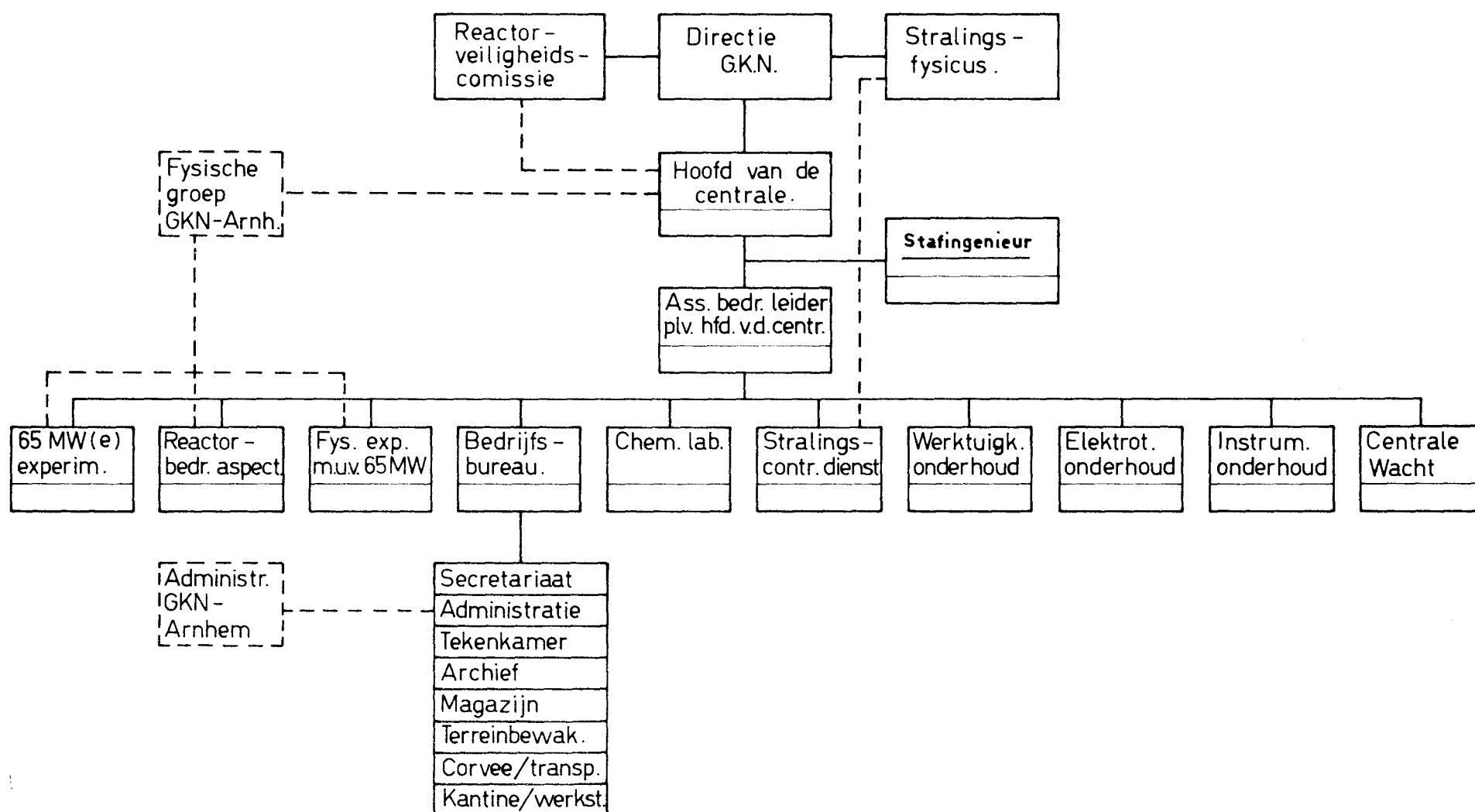
Niet onvermeld mag blijven dat, in verband met de reeds besproken publiciteit rond de Dodewaard-centrale en rond de kernenergie in het algemeen, er door de afdeling Public Relations van de Arnhemse Instellingen in de loop van 1972 veel extra werk moest worden verzet. Dit betrof persconferenties, bezoeken van TV en radio, mededelingen aan persmedia, de samenstelling en verzending van brochures, de verzorging van ander documentatie materiaal en modellen en de ontvangst van een groot aantal bezoekers aan de kernenergiecentrale.

In totaal werden circa 70 excursies georganiseerd met een gezamenlijk deelnemerstal van circa 2300.

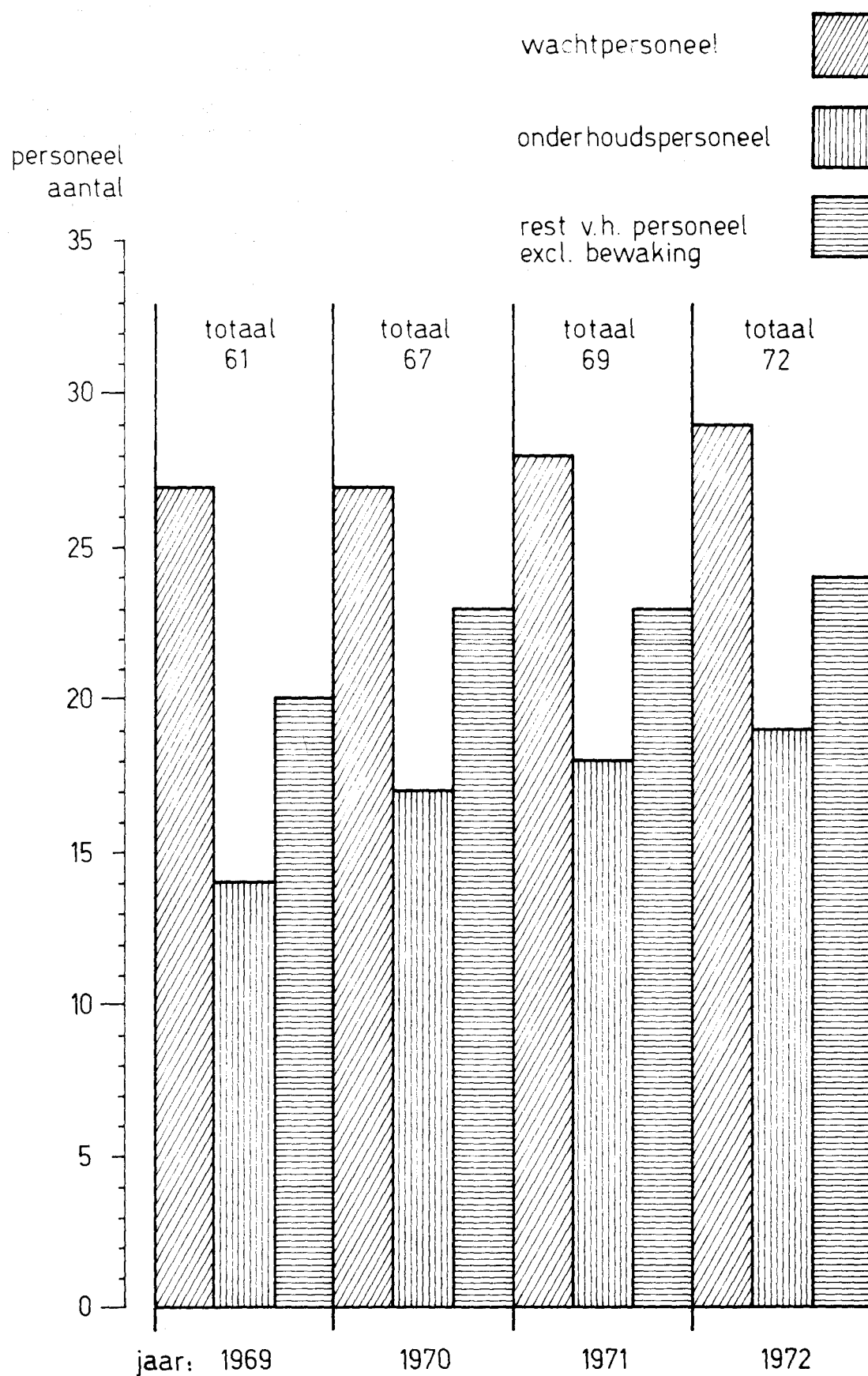
Urenoverzicht onderhoudsdiensten

	1970	1971	1972
<u>Werktuigkundig onderhoud</u>			
Overwerk - totaal	450	477	1235
- in lange stops	370	324	1152
Uren derden - totaal	9540	19950	32011
(excl. KEMA) - in lange stops	2740	10075	25158
Ziekte uren	1071	1250	3083
<u>Elektrotechnisch onderhoud</u>			
Overwerk - totaal	277	196	483
- in lange stops	157	183	417
Uren derden - totaal	3425	9080	1155
(excl. KEMA) - in lange stops	1555	3565	1072
Ziekte uren	85	128	86
<u>Instrumentatie onderhoud</u>			
Overwerk - totaal	327	380	1004
- in lange stops	805	436	642
Uren derden - totaal	2250	1875	769
(excl. KEMA) - in lange stops	820	820	729
Ziekte uren	34	24	107
<u>Corveedienst</u>			
Overwerk - totaal	230	664	1144
- in lange stops	213	278	777
Uren derden - totaal	4249	6808	7407
- in lange stops	1660	1761	3452
Ziekte uren	1861	3383	1775
<u>Stralingscontroledienst</u>			
Overwerk - totaal	97	265	296
- in lange stops	85	125	276
Uren derden - totaal	212	2400	4064
(alleen KEMA) - in lange stops	212	2400	3000
Ziekte uren	42	25	84

Organigram - G.K.N. - Dodewaard, vanaf 6-9-1971.

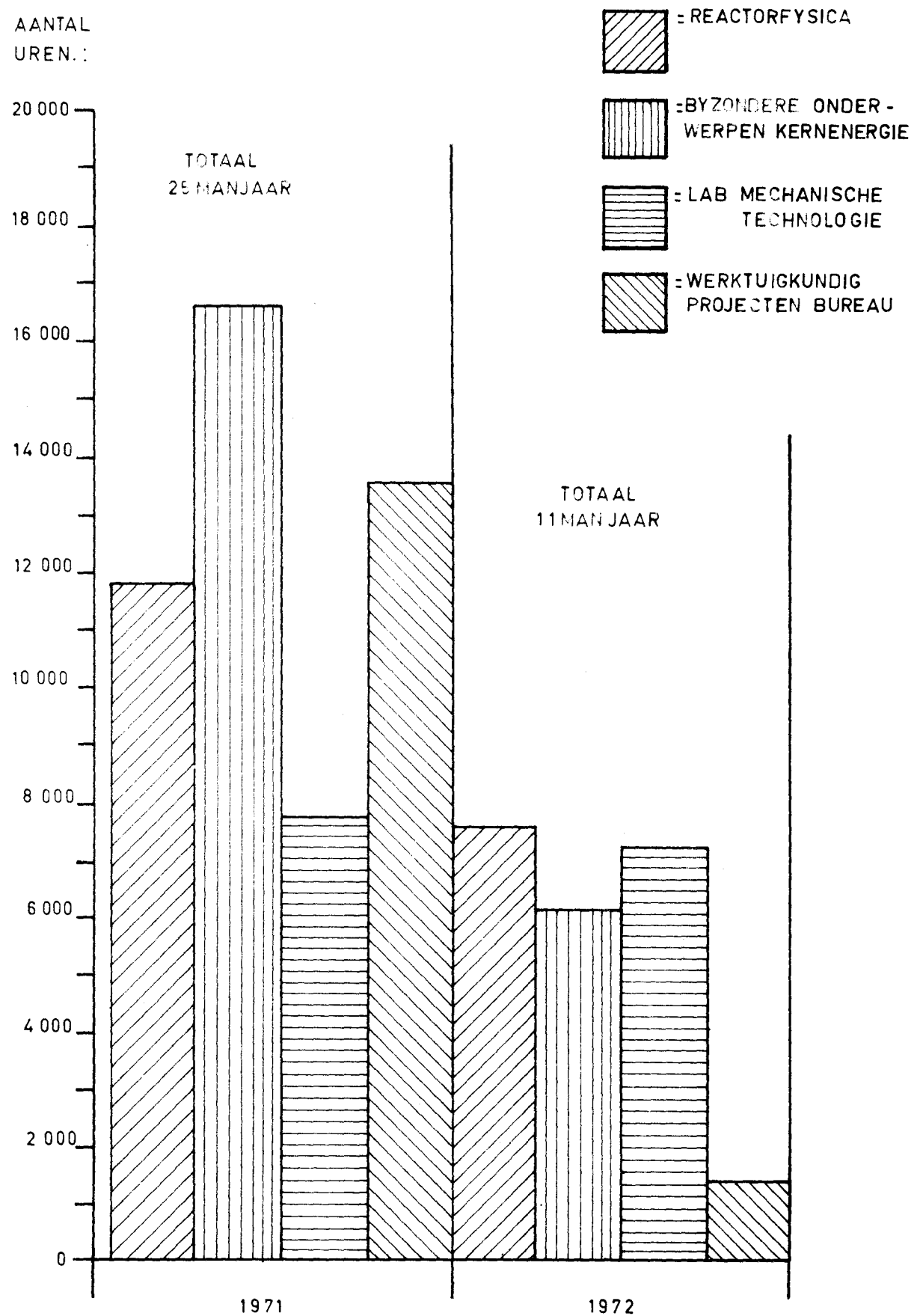


Personeelsbezetting G.K.N. Dodewaard: jaren 1969 t/m. 1972.



MANUREN ARNHEMSE INSTELLINGEN 1971 EN 1972

ZOWEL VOOR ROUTINE BEDRIJF EN TIJDENS STOPS ALS VOOR
EXPERIMENTEN EN ALGEMENE STUDIE



1.6. Opleiding bedrijfspersoneel

De opleiding van wachtpersoneel om verschillende nevensystemen praktisch te leren bedienen is voortgezet zodat er nu in ieder wachtploeg mensen zijn die het harsregeneratiesysteem, de afvalwaterindamper en de installatie voor de verwerking van nat radioactief afval kunnen bedienen.

Aan het eind van het jaar zijn voor de wachtploegen, aangevuld met personeel van andere groepen waar de onderwerpen voor van belang waren, herhalingscursussen gegeven in thermohydraulica en reactorfysica waarbij, naast het doornemen van de voor de operators belangrijke principes, vooral de praktijkproblemen zijn behandeld.

Enige nieuwe medewerkers volgden cursussen bij het reactorcentrum te Petten om zich ten aanzien van de kernenergie theoretisch enigszins te oriënteren.

Aan een, bij het RCN georganiseerde, opleiding voor stralingscontroleurs wordt ook door een onzer medewerkers deelgenomen.

Tenslotte werden in de loop van 1972 cursussen georganiseerd in EHBO, brandbestrijding en persluchtmaskerdrager, waaraan een maximaal aantal medewerkers deelnam. De cursussen werden gegeven door personeel van de GGD en de Gemeentelijke Brandweer van Arnhem en resulteerden in 33 gediplomeerde EHBO-ers, 32 gediplomeerde bedrijfsbrandwachten en 32 gediplomeerde persluchtmaskerdragers.

1.7. Splijststofelementen

1.7.1. Algemeen

Tegen het midden van dit jaar zijn ter afsluiting van het eerste herladingscontract de splijststofelementen geleverd van de derde herlading. Ook de 4de, 5de en 6de herlading zullen door British Nuclear Fuels Limited worden geleverd.

Veel aandacht is besteed aan het ontwerp van de elementen, speciaal met betrekking tot de roosters, twee verschillende verrijkttingsgraden en de toepassing van Gadolinium als slijtend gif. Deze nieuwe elementen maken het mogelijk tot een bedrijfsscyclus van een jaar te komen.

In januari zijn een aantal speciale elementen in de reactor geplaatst, te weten:

- twee vibrasol elementen, vervaardigd door het RCN
- een RCN-element met RCN-rooster
- twee Gadolinium elementen, van BNFL
- een BNFL-element met BNFL-rooster.

Van deze elementen zal het bestralingsgedrag worden nagegaan.

Gestart is met de voorbereidingen voor de levering van vier Plutonium-elementen door Belgo Nucleair S.A. en vier splijststofelementen door Interfuel B.V. Daar deze elementen speciale ontwerpen zijn, worden de ontwerpeisen in detail in overleg met de leveranciers vastgesteld en wordt de productie extra nauwkeurig gevolgd. De elementen zullen begin 1973 in de reactor worden geplaatst.

Nabestralingsonderzoek aan splijststofelementen.

Van de twee staafjes van de eerste lading is het nabestralings onderzoek, welke werd uitgevoerd door het Reactor Centrum Nederland, afgesloten.

Een element van de eerste lading, welke in de splijststofwisselperiode van januari uit de reactor is verwijderd, is visueel geïnspecteerd.

Opwerken van de eerste serie opgebrande elementen.

Het opwerken van de eerste serie elementen van de eerste lading is klaargekomen. Het Pu-poder is voorlopig opgeslagen bij Eurochemic in Mol. Een deel van dit Pu-poeder is gebruikt voor de fabricage van de vier voornoemde Plutonium-elementen.

Het teruggewonnen Uraan is in de vorm van UF₆ geleverd aan USAEC.

Neutronenbronnen

Een detail ontwerp is gemaakt voor neutronenbronnen welke op posities tussen de splijtstofelementen in de kern worden geplaatst. Deze zullen de bestaande neutronenbronnen welke op splijtstofelementposities staan, vervangen; hierdoor kunnen meer splijtstofelementen in de kern worden geplaatst. Levering van de bronnen geschiedt door The Radiochemical Centre Ltd te Amersham, England.

1.7.2. Onderzoek aan splijtstofelementen tijdens splijtstofwisselstop januari 1972.

In verband met het volgen van het mechanisch en metallurgisch bestralingsgedrag van de splijtstofelementen, werden de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

Visuele inspectie van enkele splijtstofelementen.

Met behulp van onderwater televisie werden enkele splijtstofelementen met een opbrand van circa 18,4 MWD/kgU, visueel geïnspecteerd.

Het doel van deze inspectie was na te gaan of de betreffende splijtstofelementen eventueel nog één cyclus in de Dodewaard kern teruggebracht konden worden. Aangezien echter tijdens de inspectie tamelijk ernstige aantastingen werden waargenomen, met name ter plaatse van de benedenpluggen, werd besloten deze elementen niet meer in de kern terug te zetten.

Verwijderen van het bovenrooster van Pu-element B201.

Getracht werd het bovenrooster van Pu-element B201 te verwijderen, ten behoeve van inspectie van de splijtstofstaafjes, aangevuld met eventueel γ -scannen.

Het betreffende Pu-element was gedurende één cyclus bestraald geweest en had een opbrand van circa 6,1 MWD/kgM.

Het bleek niet mogelijk te zijn het bovenrooster van het element te verwijderen, omdat de bovenplugsteeltjes van de splijtstofstaafjes vastzaten in de blinde gaten van het bovenrooster (corrosie).

Teneinde het mogelijk te maken in de toekomst proefelementen te demonteren voor nabestralingsonderzoek, werden van enkele van deze elementen, onder andere Gd-element B212, de bovenroosters voorzien van ontluchtingsgaatjes.

Demontage en montage van het geactiveerde Gd-element B212. Het tijdens een korte bestraling licht geactiveerde Gd-element B212 werd gedemonteerd ter bepaling van de vermogensverdeling in het Gd-element door medewerkers van de reactorfysische groep. Na de metingen werden de splijtstofstaafjes weer op de oorspronkelijke plaatsen gemonteerd.

1.7.3. Onderzoek tijdens mei-juni 1972 stop.

Het verwijderen van het bovenrooster van Gd-element B212. In juni werd getracht het bovenrooster van Gd-element B212 te verwijderen. Dit element heeft vanaf januari 1972 in de kern gezeten.

Het doel was na te gaan of het aanbrengen van ontluchtingsgaatjes in het bovenrooster een gunstig effect had op het op normale wijze kunnen demonteren van het bovenrooster. Tot dusver is dit namelijk niet gelukt. Nadat de moeren en borgplaatjes waren verwijderd, kon het bovenrooster met behulp van de bovenroostergrijper, na enige tikjes op de grijperstang, van het splijtstofelement verwijderd worden. Nadat het rooster weer op het element was teruggeplaatst en met behulp van de moeren en nieuwe borgplaatjes was vastgezet, werd het element, voorzien van de koker, weer in de kern teruggeplaatst.

Tijdens het splijtstofwisselen in april/mei 1973, zal getracht worden dit element op de normale wijze te demonteren. Bij een gunstig resultaat, zal het element één cyclus uit de kern blijven ten behoeve van visuele inspectie en γ -scannen van de splijtstofstaafjes.

Visuele inspectie van BNFL roosterelement B209. Na verwijdering van de koker werd het BNFL roosterelement B209 met behulp van onderwater televisie op mogelijke aantastingen en vervormingen geïnspecteerd.

De splijtstofstaafjes en de tussenroosters zagen er goed uit. Ter plaatse van de benedenpluggen werd een geringe crudafzetting geconstateerd.

Na inspectie werd het element in de kern teruggeplaatst. Ook dit element heeft vanaf januari 1972 in de kern gezeten.

1.7.4. Nabestralingsonderzoek splijtstofelement A77

Element A77 is in januari 1972 uit de kern gehaald, heeft een opbrand van circa 18 MWD/kgU, heeft tijdens de eerste cyclus in positie 59-03 gezeten en daarna tot aan de ontlading in positie 57-08.

Aangezien normale demontage van het bovenrooster onmogelijk bleek, werd ten behoeve van nabestralingsonderzoek van de splijtstofstaafjes, besloten het bovenrooster door zagen te verwijderen.

De inspectie van de splijtstofstaafjes bestond uit:

Visuele inspectie met behulp van de boroscoop.

De corrosiedeeltjeslaag werd eerst met behulp van een zachte borstel van de splijtstofstaafjes verwijderd. De indruk was, dat de corrosiedeeltjes vaster op de staafjes zat dan bijvoorbeeld bij de elementen van de eerste ontlading.

Op enkele staven werden aan beide uiteinden wit-grijze oxyde puntjes aangetroffen. Deze vorm van oxyde werd bij eerder uitgevoerde inspecties ook waargenomen.

De veer- en draadcontactpunten van de bovenroosters waren op alle splijtstofstaafjes duidelijk zichtbaar.

In een enkel geval werd naast een draadcontactpunt een grote witte corrosievlek geconstateerd.

Een andere vorm van corrosieve aantasting werd waargenomen op hoekstaven, juist liggend tussen de beide contactpunten van de roosterband. Deze vorm van corrosie is waarschijnlijk te wijten aan het stromingsprofiel van het koelmiddel ter plaatse. In een enkel geval vond afschilferen van de oxydehuid plaats.

Op de warmte beïnvloede plaatsen van het Zircaloy pijp materiaal, nabij de benedenplug lassen, werden op verscheidene staven corrosie aantastingen waargenomen. Deze aantastingen werden ook geconstateerd in de onmiddellijke omgeving van de tussenplug lassen van de roosterstaaf. Tablet aanligging (pellet ridging) werd veelvuldig waargenomen.

Staaflengte metingen.

De staaflengte toename lag tussen 2 - 3 °/oo.

Splijtstofkolom metingen.

De lijn op de Zircaloy pijpomhulling van de splijtstofstaafjes welke, naar wij aannamen, de overgang tussen tabletkolom en plenum aangeeft, was in de meeste gevallen duidelijk zichtbaar door een leuverschil van het oxyde.

Destructieve testen uitgevoerd in loodcellen bij het RCN te Petten hebben dit voor een 2-tal andere splijtstofstaafjes bevestigd.

Bovendien werd de splijtstofkolom door middel van γ -scannen door de Reactorphysicagroep van de KEMA bepaald.

Er was een goede correlatie tussen beide metingen.

Voorlopige conclusie.

In het algemeen kan worden gesteld dat de splijtstofstaafjes niet gefaald hebben. Geen tekenen van hydrering of ineenklappen van het Zircaloy omhullingsmateriaal kan worden waargenomen.

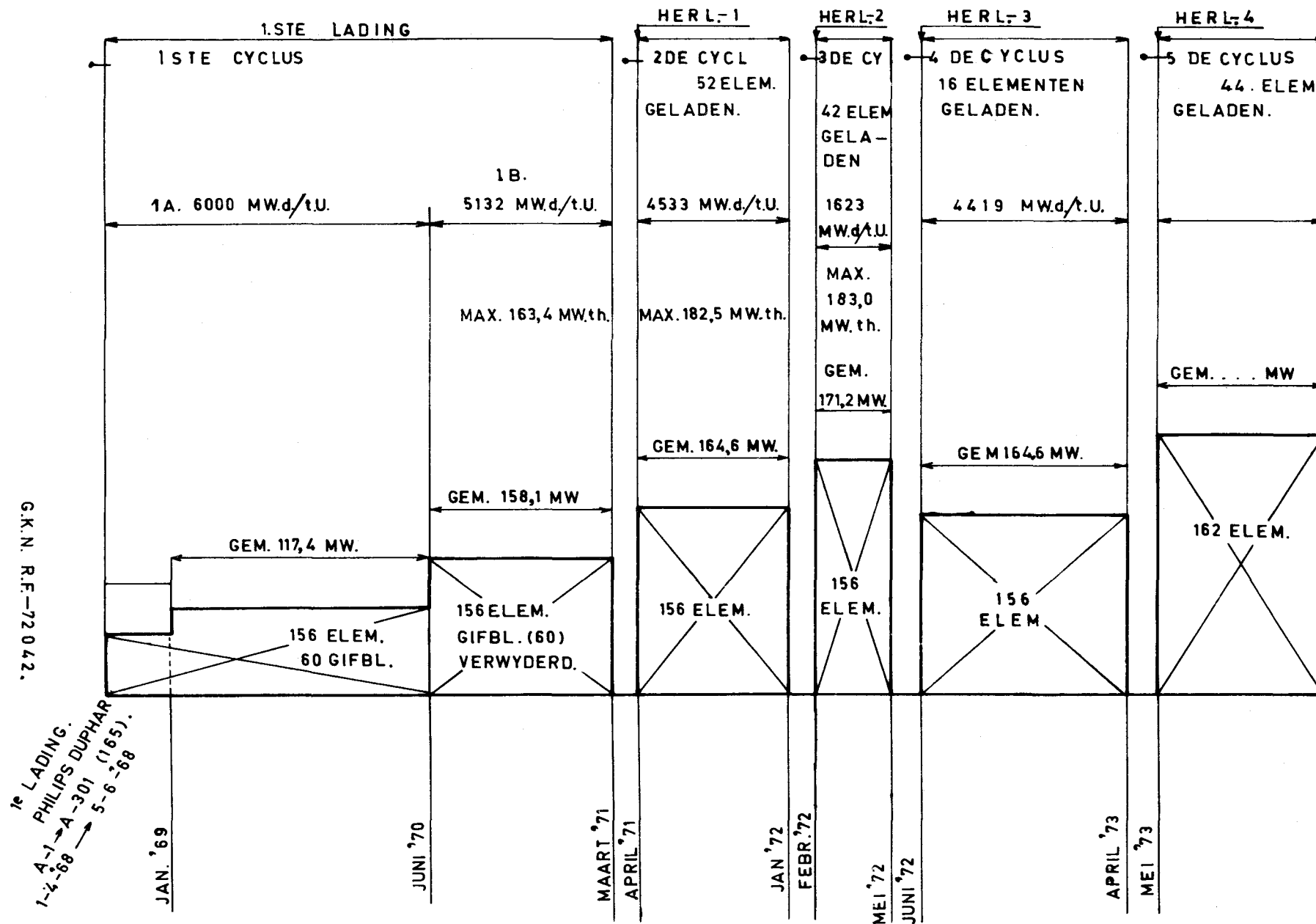
Wel werd een stijging van de afgasactiviteit geconstateerd wat de aanwezigheid van kleine lekkages in de splijtstofstaven waarschijnlijk maakt.

Het verder volgen van het mechanisch en metallurgisch bestralingsgedrag van de splijtstofelementen is mede hierom belangrijk.

1.7.5. Historie kern

Zie bijgevoegd schema; waarin een overzicht wordt gegeven van de wisselladingen, de gemiddelde opbrand, het thermisch vermogen en de samenstelling van de kern gedurende de kerncycli van de Dodewaard kern.

VERMOGENS HISTORIE KERN."



1.8. Inspectie en reparatie van overgangsstukken aan het reactorvat.

1.8.1. Inleiding

Op 8 januari van dit jaar werd de installatie uit bedrijf genomen om de kern te herladen en een uitgebreid inspectie- en onderhoudsprogramma af te werken. Het inspectie- en onderhoudsprogramma was op 23 januari vrijwel gereed toen bij het persen van het reactorvat een kleine lekkage werd geconstateerd. De lekkage was afkomstig uit een klein scheurtje op een scherpe overgang van het roestvrijstalen overgangsstuk tussen stomp N25 van het reactorvat en de aansluitende leiding, die in zijn geleiding vast bleek te zitten en niet met het vat mee kon expanderen, waardoor het materiaal aan te grote spanning werd onderworpen. Het scheurtje werd plaatselijk gerepareerd, maar bij het opnieuw persen van het reactorvat en inspecteren van de stomp bleken er nog meer defecten in hetzelfde gebied aanwezig te zijn waarna werd besloten de betreffende stomp af te blinden door het aanbrengen van een blind overgangsstuk en het aansluiten van de overstortleiding op de voedingwaterleiding.

De reparatie aan het reactorvat duurde met besprekingen, oefenen in een 1 : 1 model, het uitvoeren van de eigenlijke reparatie en daaropvolgende inspecties, van 23 januari tot 13 februari, waarna de installatie weer in bedrijf werd genomen.

Na de, in het verwijderde overgangsstuk, gevonden scheurindicaties is een niet destructieve onderzoeksmethode ontwikkeld ter detectie van soortgelijke scheurindicaties in andere overgangsstukken.

Voor de geplande tweede splijtstofwisselstop van de centrale, in oktober 1972, werd naar aanleiding van het defect bij stomp N25 van het reactorvat een verder inspectieprogramma van overgangsstukken opgesteld.

Bij het inmiddels, in overleg met de Dienst voor het Stoomwezen, in het metaalkunde laboratorium van de KEMA uitgevoerde onderzoek aan het verwijderde overgangsstuk werden echter ook scheurtjes in andere gebieden van het overgangsstuk gevonden die niet alleen door te hoge spanning konden worden verklaard. Dit was aanleiding om, in overleg met de autoriteiten, het voor oktober 1972 opgestelde inspectieprogramma reeds in mei ter hand te nemen. De installatie werd op 15 mei uit bedrijf genomen en er werd een aanvang gemaakt met het inspectieprogramma, dat een representatief aantal overgangsstukken zou omvatten.

Bij de inspecties van deze overgangsstukken werd bij stomp N19, een aansluiting van het kerninundatiesysteem, met behulp van de ontwikkelde ultrasoon onderzoek methode een scheurindicatie gevonden.

In overleg met de autoriteiten werd besloten, om voor alle zekerheid, het overgangsstuk met de scheurindicatie te vervangen en ook de nog overblijvende overgangsstukken te onderzoeken. Bij dit vervolg inspectieprogramma zijn geen verdere scheurindicaties aangetroffen.

Door de betreffende autoriteiten (de Dienst voor het Stoomwezen en de Kernfysische Dienst van de Arbeidsinspectie), die de inspecties op de voet volgden, werd toestemming verleend om de centrale weer in bedrijf te stellen, zodra de vervanging van het betreffende overgangsstuk volgens de eisen van de Dienst voor het Stoomwezen was gerealiseerd.

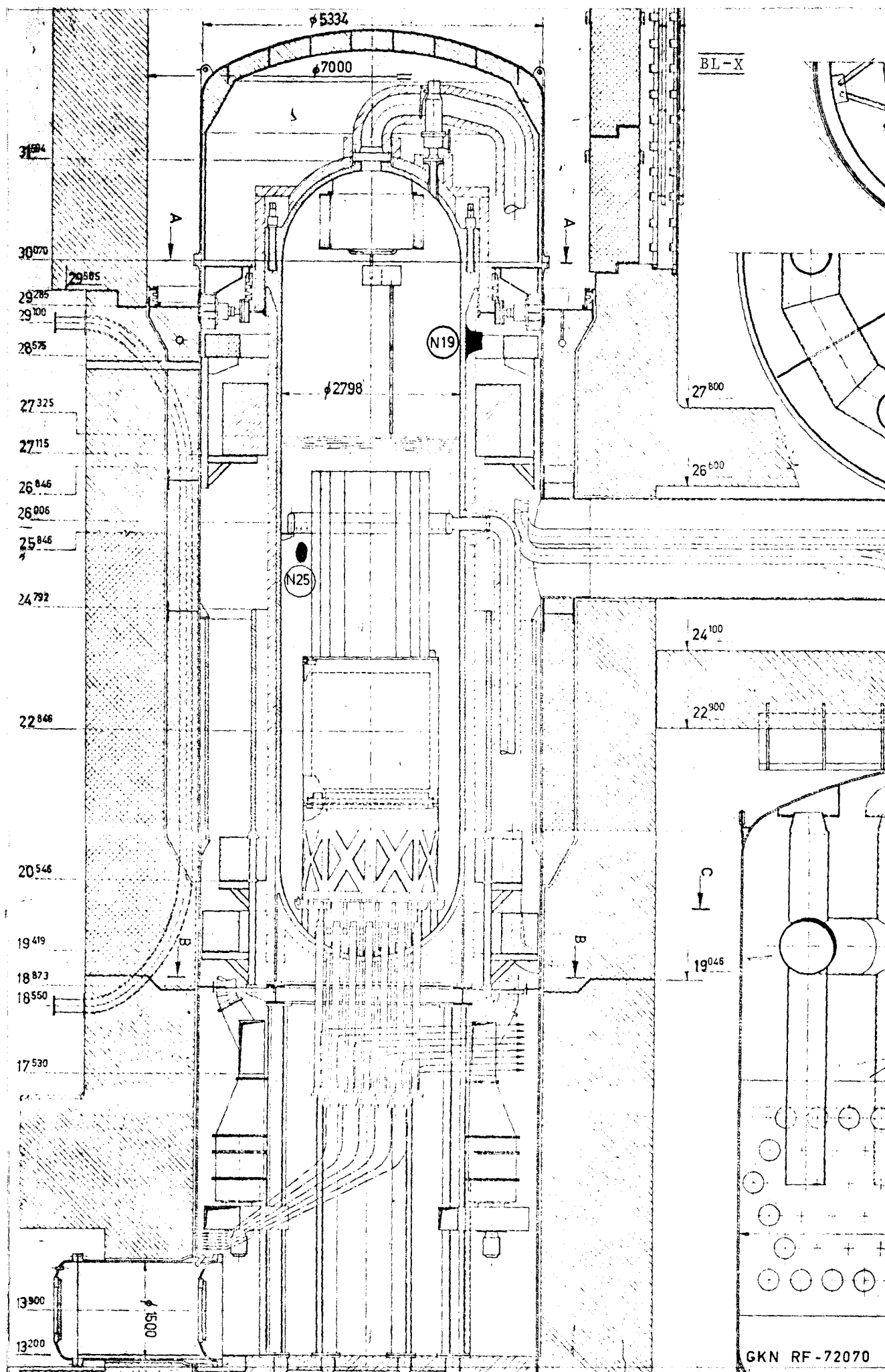
Tijdens de uitvoering van het inspectieprogramma werd besloten tevens splijtstof te wisselen, opdat na de reparatie met een nieuwe cyclus kon worden begonnen.

De oorzaak van de defecten moet gezocht worden in een combinatie van de volgende factoren:

- het materiaal (roestvaststaal 304 gesensitiseerd)
- plaatselijk hoge spanningen, tegen de vloeigrens of ver er boven
- corrosief milieu.

Alhoewel niet bij alle gevonden scheurindicaties duidelijk hoge spanningen waren te berekenen, moeten deze hoge spanningen volgens de huidige inzichten toch wel opgetreden zijn.

De inspectiewerkzaamheden aan het reactorvat, de daaruit voortvloeiende laboratorium onderzoeken en de beproeving van nieuwe detectie methoden werden uitgevoerd door verschillende groepen van het laboratorium mechanische technologie van de KEMA.



1.8.2. Inspectie werkzaamheden

De constatering van een lekkage ter plaatse van stomp N25 aan het reactorvat maakte het noodzakelijk om na te gaan hoe de conditie van andere aanwezige safe-ends zou kunnen worden onderzocht.

Problemen met overgangsstukken (zogenaamde "safe-ends") waren reeds enige tijd bekend, speciaal uit de Verenigde Staten komen hierover regelmatig berichten.

Het betreft roestvast stafmateriaal (in dit geval AISI 304), waaruit de overgangsstukken zijn vervaardigd, welke tussen de met roestvaststaal beklede koolstofstalen reactorvatstompen en de aansluitende roestvaststalen leidingen zijn aangebracht.

In verband met gunstige lascondities en machinale bewerking worden de overgangsstukken in de fabriek aan de C-stalen stompen gelast nog voor deze laatste in het reactorvat worden gebouwd. Deze werkwijze brengt met zich mee dat de overgangsstukken alle warmtebehandelingen, die het vat en de onderdelen daarvan tijdens het lassen ondergaan, meemaken. Het roestvaste materiaal van de "safe-ends" wordt hierdoor gesensitiseerd, dat wil zeggen er vindt carbide-uitscheiding op de korrelgrenzen plaats. Bij het zoeken naar een adequate niet-destructieve onderzoekmethode dient met deze veranderde structuur rekening te worden gehouden.

Als bekende niet-destructieve onderzoekstechnieken stonden ter beschikking:

- Ultrasoon onderzoek
- Röntgengrafie
- Gammagrafie
- Penetrant onderzoek
- Magnetisch onderzoek

Aangezien verwacht wordt, dat eventuele scheurvorming vanaf mediumzijde op gang komt, zou een vloeistof penetrant onderzoek van de binnenkant van de safe-ends de meeste informatie kunnen geven.

In verband met de moeilijke bereikbaarheid van de reactorvat safe-ends (thermische schilden, reactorwater, manipulatie op afstand vanwege radioactiviteit) is alleen penetrant onderzoek vanaf de buitenzijde mogelijk. De overgangsstukken op het reactorvatdeksel zijn wel inwendig penetrant te onderzoeken.

Gezien de beperkte beschikbare ruimte is voor het radiografisch onderzoek de keuze op de gammagrafie-techniek gevallen. Het radiografisch doorlichten van pijpstukken, teneinde eventueel opgetreden scheurvorming te detecteren, is overigens een moeilijke zaak. Een geringe afwijking tussen de doorstralingsrichting en het scheurvlak maakt de waarneming reeds dubieus.

Bij gebrek aan een andere methode is besloten na te gaan in hoeverre ultrasoon onderzoek kan worden toegepast. In het algemeen wordt aan ultrasoon onderzoek van lasnaden in roestvaststaal geen praktische betekenis toegekend, hetgeen in direct verband met de structuur van de HAZ kan worden gebracht.

De vraag is of een daarmee vergelijkbare gesensitiseerde structuur zich op dezelfde wijze gedraagt of toch met een aangepaste ultrasoon-techniek is te onderzoeken.

Daarnaast blijft als aanvullende onderzoeksmethode het röntgen- en penetrant-onderzoek van belang.

Direct na de constatering van de lekkage in het safe-end van N25 werd gepoogd een indruk te verkrijgen van de omvang van het haarscheurtje.

Een eerste ultrasoon onderzoek, uitgevoerd in axiale richting, diende om de grootte van het scheurtje in de omtrek gezien af te bakenen. Hierna werd getracht deze scheur bevestigd te krijgen door het vervaardigen van een penetrant afdruk.

Hoewel het onderzoek door onvoldoende beschikbare voorbereidingstijd en het ontbreken van dummies niet optimaal kon worden uitgevoerd, werd een rondgaande scheur waargenomen, lopend van 9.00 tot 12.00 uur, op de overgang van de conus naar de pijpenaansluiting.

Voor het op juiste wijze verrichten van het vervolgens uitgevoerde penetrant onderzoek diende de vloeistofspiegel in het reactorvat beneden het niveau van N25 gebracht te worden.

Bij het vervaardigen van de penetrant afdruk werd ondanks de genomen maatregelen hinder ondervonden van constant uit het scheurtje lekkend water. Wel werd een afdruk verkregen, waarop de lengte van de scheur redelijk waarneembaar was.

Met het verwijderde safe-end N25 werd een uitstekende dummie verkregen om een ultrasoon techniek op te ontwikkelen, waarmee de conditie van de resterende, eveneens gesensitiseerde, safe-ends zou kunnen worden nagegaan.

Bij dit onderzoek op laboratoriumniveau werd uitgegaan van tastertypen die in standaarduitvoering in de handel zijn.

Het bleek al spoedig dat het gesensitiseerde materiaal ultrageluid goed doorlaat, maar dat ten gevolge van verschil in voortplantingssnelheid de brekingsindex van gesensitiseerd staal anders is dan van het normale koolstofstaal, waarvoor de tasters geijkt zijn. Hierdoor ontstaat een afwijking van de inzendhoek ter grootte van enkele graden.

De in het safe-end van N25 aanwezige scheuren waren ultrasoon goed aan te tonen.

Vergelijking van de ultrasoon gemeten scheurdiepte en de naderhand destructief bij het metallografisch onderzoek vastgestelde scheurdiepte laat enig verschil in uitkomst zien, hetgeen onder andere geweten moet worden aan de niet nauwkeurig bekende inzendhoek van het geluid in gesensitiseerd staal, waardoor de mogelijkheid bestaat dat een deel van de gereflecteerde energie niet wordt geregistreerd.

De conclusie uit dit voorbereidende onderzoek was dan ook dat scheurvormige gebreken in gesensitiseerd roestvaststaal wel gedetecteerd kunnen worden maar dat de grootte van eventueel gevonden indicaties moeilijk nauwkeurig is vast te stellen. Daarbij bleek het wenselijk te beschikken over dummies uit 304 materiaal van precies dezelfde afmetingen als de te onderzoeken safe-ends. Deze werden voorzien van ijkgroeven in langs- en dwarsrichting en gebruikt om de ultrasoon apparatuur op in te stellen.

De informatie verkregen via het onderzoek van het verwijderde overgangsstuk van N25 was aanleiding de gehele situatie met betrekking tot de resterende aan het reactorvat gelaste safe-ends te bezien, waartoe werd besloten meerdere overgangsstukken op scheurvorming te onderzoeken. Dit inspectieprogramma wordt verder aangeduid met fase I. Naar aanleiding van de in fase I verkregen onderzoekresultaten werd het onderzoekprogramma uitgebreid, in het vervolg nader aan te duiden met fase II.

In onderstaande tabel zijn de in beide fases onderzochte vataansluitingen aangegeven.

Code	Functie	Code	Functie
N3	neutronengif	N2	noodcondensor
N5	voedingwater	N4	reactorafkoelsysteem
N11/N12	veiligheden	N6	kerninundatie
N19	kerninundatie	N10/N13/ N14	veiligheden
		N18 ^a /N18 ^b /N18 ^c	instrumentatie

In zowel fase I als fase II zijn alle overgangsstukken ultrasoon volgens de in het laboratorium van de KEMA ontwikkelde techniek onderzocht.

Daarnaast is penetrant onderzoek uitgevoerd aan de safe-ends van N11/N12 (binnenzijde) en N3 (buitenzijde). N11/N12 zijn tevens geröntgend, terwijl N19 gammagrafisch is onderzocht. Dit laatste onderzoek heeft plaats gevonden naar aanleiding van een bij ultrasoon onderzoek geconstateerd lijnvormig gebrek in de HAZ van de las safe-end - pijp aansluiting in de vataansluiting van N19.

Tijdens de uitvoering van het ultrasoon onderzoek zijn van de te rapporteren indicaties schermbeeldfoto's gemaakt, evenals van elke ijking op de testfout in de dummie voor elk specifiek onderzoek.

Elk overgangsstuk werd systematisch op de volgende wijze onderzocht:

- a. dwarsfouten pijpzijde
- b. dwarsfouten vatzijde
- c. langsfouten pijpzijde in klokrichting
- d. langsfouten pijpzijde tegen klokrichting
- e. langsfouten midden in klokrichting
- f. langsfouten midden tegen klokrichting
- g. langsfouten vatzijde in klokrichting
- h. langsfouten vatzijde tegen klokrichting.

Alle in bovenstaande tabel aangegeven vataansluitingen van het reactorvat zijn aan een niet-destructief onderzoek onderworpen.

Het ultrasoon onderzoek, uitgevoerd volgens ASME sectie III NB-2552 leverde alleen in N19 onacceptabele indicaties op. De gehele vataansluiting werd dan ook verwijderd en door een nieuwe vervangen.

De toegepaste ultrasoon techniek heeft goed voldaan. Rekening zal gehouden moeten worden met de geometrie van de safe-ends en de storende indicaties die vataansluitingen met thermische schilden veroorzaken. Een nadeel blijft, dat de scheurdiepte moeilijk nauwkeurig is vast te stellen.

Zowel voor, tijdens als na de reparatie van N19 werden diverse onderzoeken uitgevoerd teneinde een zo groot mogelijke zekerheid omtrent aanwezigheid van de vereiste kwaliteit van het materiaal en de verwerking hiervan te verkrijgen.

Voor de vervanging van het afgekeurde overgangsstuk van N19 zijn twee identieke vataansluitingen (één voor reserve) vervaardigd uit roestvaststaal AISI 304. Dit gesmede en warmtebehandelde stafmateriaal had een koolstofgehalte van 0,037% en is op structuur en chemische samenstelling, mechanische eigenschappen en interkristallijne corrosie gecontroleerd. In voorbereide toestand is het materiaal met hoektasters (45°, 60° en 70° - 2 Mhz) en rechte taster (SMSEB - 4 Mhz) op langs- en dwarsfouten onderzocht. Daarnaast is na de eindmaatbewerking een 100% penetrant onderzoek uitgevoerd, waarbij zowel in- als uitwendig, inclusief de laskanten, geen aantekeningen werden geconstateerd.

De toegankelijkheid ter plaatse van de aan te brengen lasverbindingen vat - safe-end en safe-end - pijp was beperkt. Zodanig zelfs dat niet over de gehele omtrek tijdens het lassen het lasbad was gade te slaan. Dit is mede bepalend geweest voor de tenslotte toegepaste procedure voor het niet-destructieve onderzoek. Voor een goed begrip van de situatie nog de volgende lasgegevens:

wanddikte	:	19 mm (14 mm)
grondlaag	:	2 lagen Argon Arc
vul- en sluitlagen	:	4 (3) elektrisch met beklede elektrode
backing-gas	:	99,99% Argon

Tussen haakjes de gegevens voor de verbinding safe-end - pijp.

In grote lijnen, de volgorde tijdens de reparatie aanhoudend, werden onderstaande onderzoeken uitgevoerd:

- Penetrant onderzoek laskanten aan vat- en pijpzijde, waarbij de laskant aan vatzijde ook nog is gecontroleerd op aanwezigheid van de bufferlaag met behulp van een magneet.
- Visuele controle op doorlassing en eventuele verbranding van de grondlaag vanaf de binnenzijde (alleen voor de vataansluiting mogelijk).
- Uitwendig visueel en penetrant onderzoek van de grondlaag.
- Penetrant onderzoek van de 3de- en sluitlaag. De verschillende, meest kleine en puntvormige gevonden indicaties werden alle onder penetrantcontrole weggeslepen.

- Gammaografie-opnamen in ongeslepen en geslepen toestand van de sluitlaag, dubbel-wand techniek voor de lasverbinding safe-end - pijp, enkel-wand opname voor de verbinding vat - safe-end. Gezien de resultaten van de opname van deze laatste las (enkele slakinsluitingen groter dan volgens VKR-7 toelaatbaar) en de moeilijkheid deze bij de daarop volgende reparatie te lokaliseren en te verwijderen, werd besloten voor de volgende lasverbindingen tussentijdse opnamen te maken.
- Tijdens de reparatie van de vatlasverbinding werd elke laslaag eerst gammagrafisch en penetrant onderzocht en zijn slakindicaties weggeslepen voordat het laswerk werd vervolgd.
- Nadat de vatlas geheel gereed was en ook gammagrafisch in orde bevonden, werd de las tenslotte ook aan de binnenzijde, na gladslijpen, met penetrant vloeistof onderzocht.

Nadat de persproef met goed gevolg was doorstaan, werd het nieuw aangebrachte overgangsstuk ter afsluiting van de reparatie-werkzaamheden diepgaand ultrasonoor onderzocht in zowel axiale- als radiale richting. Hierbij werden, evenals bij het daarop uitgevoerde 100% penetrant onderzoek, geen fout indicaties gevonden.

Bij de inspecties en de reparaties van de overgangsstukken aan het reactorvat is gebleken dat het niet eenvoudig is werkzaamheden onder radioactieve omstandigheden zodanig te simuleren, dat rekening wordt gehouden met alle relevante factoren. Zoals vroegere ervaringen hebben aangetoond moet de oplossing gezocht worden in een efficiënte organisatie, die snel en adequaat weet te reageren op plotseling veranderende omstandigheden. Uitgebreide lasproeven werden doorgevoerd en onderzocht voordat tot definitieve reparatie werd overgegaan, geen enkele indicatie van problemen in verband met slakinsluiting werd hierbij verkregen. Niet-tegenstaande werden bij de werkelijke uitvoering onacceptabele slakinsluitingen vastgesteld. Kennelijk zijn hier factoren in het geding die moeilijk te simuleren zijn. Daarop werd de onderzoek-procedure zodanig gewijzigd, dat eerst met zekerheid het resultaat van een bepaalde handeling werd vastgelegd en beoordeeld, alvorens de volgende stap werd ondernomen. Dit betekende dat, ondanks de daaraan verbonden consequenties van langere wachttijden en verlenging van de reparatie, na elke aangebrachte lasrups eerst een gammaografie werd gemaakt en beoordeeld voordat verder werd gegaan.

1.8.3. Onderzoek van lasproeven en van de verwijderde overgangsstukken.

De reparaties van N25 en N19 zijn voortdurend metaalkundig begeleid, terwijl ook een aanvang werd gemaakt met het onderzoek van de defecte en verwijderde overgangsstukken.

De eerste proeflassen, welke uitgevoerd werden met materiaal AISI 304 voor het afblinden van N25, werden afgekeurd. Naast het feit, dat het gekozen lasproces met beklede electrode (Arosta 304) niet geheel bevredigde, werd een geringe carbide-uitscheiding in de door laswarmte beïnvloede zone van het roestvaste staal waargenomen.

Een van de factoren, welke naar alle waarschijnlijkheid bij het tot stand komen van de scheurvorming en lekkage een bepaalde rol spelen, is deze carbide-uitscheiding en daarom is bij keuze van lasuitvoering en materiaal zoveel mogelijk getracht deze uitscheiding te voorkomen. In totaal zijn voor N15 elf proeflassen gemaakt die alle zijn doorgesneden en metallografisch onderzocht. Bij de proefstukken vervaardigd uit AISI 304 L (koolstof 0,02%) kon carbide-uitscheiding naast de las worden voorkomen. De proeflassen voor N19 zijn op dezelfde wijze onderzocht en op carbide-uitscheiding gecontroleerd. Het blijkt moeilijk de gewenste 304 L kwaliteit in staf op eerste aanvraag direct uit de handel te betrekken. Overwogen wordt dit materiaal volgens een speciaal daarvoor opgestelde specificatie te bestellen en in reserve te houden.

Tijdens de eerste reparatie van het N25 overgangsstuk zijn enkele metaalsplinters uitgezaagd en onderzocht teneinde enig inzicht te krijgen in de oorzaak van de opgetreden lekkage.

Uit visueel onderzoek van het breukoppervlak blijkt een grof kristallijn uiterlijk met donkerbruine tot lichtgele oxidatiekleuren, waaruit tot een zich langzaam ontwikkelende scheurgroei kan worden besloten.

Een voorlopig microscopisch onderzoek toonde aan dat op willekeurig verspreide plaatsen over de gehele doorsnede interkristallijne scheurtjes voorkwamen.

De materiaalstructuur toonde een carbide netwerk op de austeniet korrelgrenzen, hetgeen duidt op een gesensitiseerde structuur.

De resultaten van dit onderzoek zijn mede bepalend geweest voor de beslissing het overgangsstuk in zijn geheel te verwijderen. Daarop is een programma gestart voor onderzoek van dit defecte en uitgenomen safe-end.

De volgende onderzoeken werden verricht:

- visueel/penetant onderzoek
- mechanisch onderzoek
- chemisch onderzoek
- metallografisch onderzoek.

De onderzoekingen werden enigszins bemoeilijkt doordat het materiaal na het schoonmaken nog een straling van 500 mR/h opleverde. Met name was het noodzakelijk in al die werkruimten, waar onderzoek werd uitgevoerd, stralingsbeveiligingsmaatregelen te nemen.

Voor zowel het bepalen van de mechanische eigenschappen van het gesensitiseerde 304 materiaal als het openleggen van de scheurflanken, werden proefstukken uit het materiaal genomen.

Hieruit kwamen twee interessante resultaten naar voren:

- De mechanische eigenschappen voldoen nog steeds aan de voor het type 304 roestvaste staal gestelde eisen volgens DIN 17440 en ASTM - A 182. Vergeleken met de waarden, welke volgens certificaat bij de nieuwbouw zijn vastgesteld, is de rekgrens iets gezakt en de treksterkte gestegen.
- De rondgaande scheur ter plaatse van de vatlas had een diepte van 16,5 mm; dit was nagenoeg de gehele wanddikte. Hetzelfde geldt voor de langsscheur met een diepte van 15,5 mm.

Door centrifugeren zijn de vaste crud-bestanddelen van het aanwezige water gescheiden. Het gevonden Cl^- en F^- gehalte is dermate klein, dat een de waarde hiervan geen grote betekenis kan worden toegekend.

Tijdens monstername en analyse kan reeds een verontreiniging in deze orde van grootte optreden.

Diverse materiaalmonsters onder andere ter plaatse van de grotere langs- en dwarsscheur, het putvormig geërodeerde gebied in de onderhelft en de eerste reparatielas zijn uit het safe-end genomen en geprepareerd voor microscopisch onderzoek. Het volgende werd waargenomen:

- Alle preparaten vertoonden een austenietstructuur met een korrelgrootte van 5 tot 6 en chroomcarbide-uitscheiding in de vorm van een gesloten netwerk op de korrelgrenzen.
- Het overgangsstuk is aan de binnenzijde over een laagdikte ter grootte van enkele austenietkorrels gedeformeerd (glijlijnen aanwezig), hetgeen door machinale bewerking en/of slijpen is veroorzaakt.

- Alle in het safe-end aanwezige scheuren gaan zonder uitzondering uit van de binnenzijde, hebben een interkristallijn karakter en zijn voor een groot deel gevuld met oxidatieproducten.
- De rondlopende dwarsscheur ter plaatse van de vatlas blijkt nauwkeurig trapsgewijs de warmte-beïnvloede zone (HAZ) van de las te volgen en bij nadering van de buitenkant praktisch onzichtbaar te worden.
- Onder de putvormig aangetaste plaatsen is steeds interkristallijne scheurvorming in langsrichting aanwezig.

Uit spanningsberekeningen staat vast, dat de tijdens het bedrijf optredende spanningen ter plaatse van de grote langs- en dwarsscheuren in het overgangsstuk van N25 klein waren en niet groter dan $4,6 \text{ kgf/mm}^2$. Mechanische beproeving van het safe-end materiaal leerde dat de treksterkte, 0,2 rekgrens en rek nog volledig voldeden aan de daarvoor in aanmerking komende normen. Een zuiver mechanische breuk is met grote zekerheid niet opgetreden. Het is waarschijnlijk, dat de scheuren tengevolge van interkristallijne corrosie zijn ontstaan, waarbij de volgende relatief ongunstige factoren mede een rol hebben gespeeld:

- de, tijdens de fabricage bij de verschillende warmtebehandelingen ontstane, gesensitiseerde structuur (uitscheiding van chroomcarbiden op de korrelgrenzen).
- de aanwezigheid van zware corrosieproductafzettingen waardoor vorming van zuurstofcellen mogelijk wordt.
- plastische deformatie van het materiaaloppervlak ter diepte van enkele austenietkorrels.
- het koolstofpercentage, dat een de hoge kant ligt.
- de relatief grove austenietkorrelgrootte.

Het onderzoek aan het overgangsstuk van N19 moet nog op gang komen. Hier werd geen noemenswaardige afzetting van corrosieproducten geconstateerd en wordt in verband met de tijdens de bouw uitgevoerde reparaties aan de pijplas gedacht aan interkristallijne spanningscorrosie. Gezien het feit dat alleen het gelijktijdig optreden van een groot en complex aantal factoren tot scheurvorming leidt, wordt de kans dat nieuwe lekkages ontstaan of scheurvorming in andere safe-ends optreedt niet groot geacht.

1.8.4. Vervanging van de overgangsstukken N25 en N19 aan het reactorvat.

Nadat geconstateerd was dat de, bij het persen van het reactorvat, gevonden lekkage afkomstig was van het overgangsstuk aan stomp N25 moest een werk- en loopvloer worden aangemaakt en gemonteerd vanaf de toegang tot de reactorkamer rond het reactorvat tot aan stomp N25. De vloer werd uit segmenten opgebouwd en op de thermische schilden afgesteund.

Een model op ware grootte van het reactorvat en de reactorkamer ter plaatse van stomp N25 werd aangemaakt en in de mechanische werkplaats opgesteld. Een probleem bij het aanmaken van het model was het ontbreken van bijgewerkte tekeningen van de reactorkamer waardoor diverse malen ter plaatse de situatie moest worden opgenomen (ten koste van stralingsbelasting). Hierbij bleek ook dat het moeilijk is een bepaalde situatie grondig op te nemen. Uit diverse richtingen foto's maken lijkt de beste oplossing.

Om op afstand alle werkzaamheden aan de stomp te kunnen volgen werd een televisiecamera opgesteld gericht op de stomp die gerepareerd moest worden.

Televisie monitors stonden opgesteld bij de ingang van de reactorkamer en op de splijststofwisselvloer terwijl ook op de televisie monitor in de regelzaal de beelden konden worden gezien.

Ter plaatse van stomp N25 liep een leiding van het reactorafkoelsysteem welke met looddekens werd bekleed om daarmee het stralingsniveau ter plaatse te verlagen. De eerste reparatie bestond uit het wegzagen van een V-vormig stukje materiaal, dit voor onderzoekdoeleinden, ter plaatse van het defect in het overgangsstuk van stomp N25 en het weer vollassen van deze V-groef.

Toen deze reparatie niet succesvol bleek werd besloten de bypassleiding af te zagen en de stomp af te blinden (de bypassleiding kreeg een aansluiting op de voedingwaterleiding naar het vat). Daartoe moest het overgangsstuk van de stomp worden verwijderd. Dit is verwezenlijkt middels doorslijpen. Een slijpopstelling welke een zeer preciese instelling van de slijpschijf mogelijk moest maken werd hiervoor in eigen beheer ontworpen, getekend en aangemaakt. Na enkele modificaties welke in de praktijk nodig bleken heeft deze slijpmachine perfect gewerkt. Ook deze reparatie werd grondig op het model uitgeprobeerd.

Een minitieuus uitgewerkt draaiboek werd opgezet nadat alle deelwerkzaamheden bekend waren. Daarna werd het draaiboek punt voor punt op het model doorgenomen. De hierbij opgemerkte tekortkomingen werden in het draaiboek verbeterd.

Zo ontstond een precies schema van werkvolgorden, benodigd mee te nemen en achter te laten gereedschap en andere benodigdheden, aflossingstijdstippen van de uitvoerders van de werkzaamheden alsook een goed hanteerbaar tijdschema wat bij de uitvoering van de reparatie van groot voordeel bleek te zijn.

De tijdens de mei-juni inspecties gevonden scheurindicatie in het overgangsstuk van N19 was aanleiding tot een verder onderzoek van de reactorvatstompen, ook werd besloten het overgangsstuk van N19 te vervangen. Voor het verwijderen van het te vervangen overgangsstuk N19 werd na het overwegen van diverse mogelijkheden gekozen voor kotteren.

Parallel aan het vervaardigen van de kottermachine werd een model op ware grootte van de plaats rond de N19-stomp aan het reactorvat aangemaakt en opgesteld in de werkplaats. Ook werden een model stomp, pijpleiding en diverse proeftussenstukken gemaakt.

Het model, dat vervaardigd werd aan de hand van beschikbare tekeningen, bleek niet geheel conform de werkelijkheid. Maatverschillen hoe gering ook bleken soms van essentieel belang te zijn voor het oefenen van de handelingen alsook bij het construeren van de gereedschappen nodig voor de reparatie.

De opgestelde kotter- en lasprocedures werden in het model getest, diverse veranderingen in deze procedures waren hiervan het gevolg.

Een draaiboek van alle werkzaamheden werd opgesteld. De generale repetities werden uitgevoerd met volledige aankleding van de mensen, inclusief luchttoevoerapparatuur. Het model werd naast het oefenen van het kotten en het leggen van lasnaden vóór de eigenlijke reparatie aan de stomp N19 ook tijdens de eigenlijke reparatie nog gebruikt voor het oefenen van de reparatie aan één van de gelegde lassen.

Toen tijdens de eigenlijke reparatie bleek dat de aansluitende leiding op de stomp N19 ook beneden in de reactor-kamer moest worden doorgekotterd, en later weer gelast, werd ook daarvoor een simulatie opstelling gemaakt.

Samenvattend kan worden gezegd dat het model voor de volgende doeleinden heeft gediend:

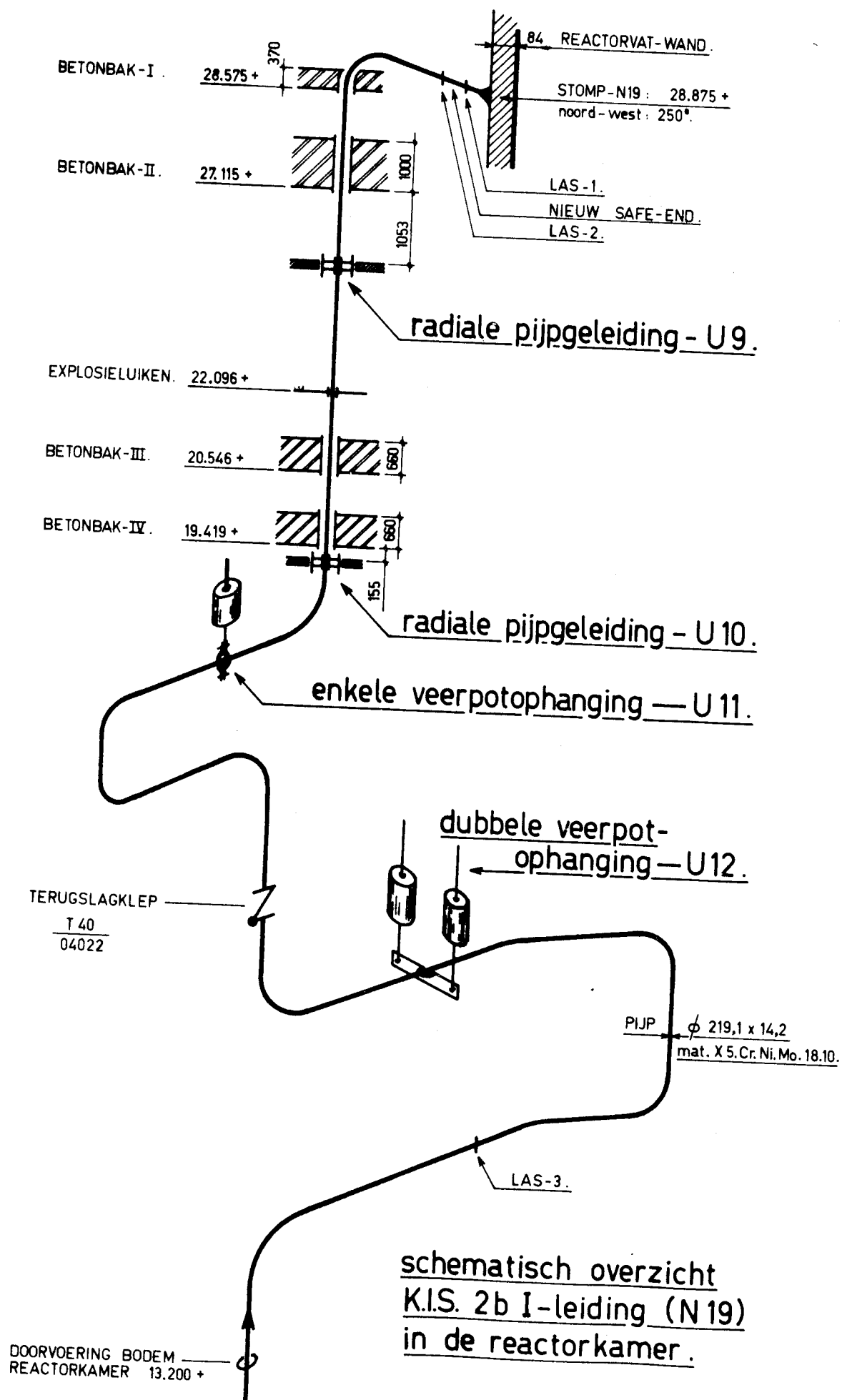
- oefenobject voor de eigenlijke werkzaamheden te verrichten bij het vervangen van het tussenstuk aan stomp N19, te weten het doorkotteren van de leidingstukken en het lassen ervan.
- oefenobject voor de reparaties te verrichten aan een las welke bij de eigenlijke werkzaamheden was gelegd.
- op het model werden de opgestelde procedures voor de uit te voeren werkzaamheden beproefd, waarna ze werden gewijzigd c.q. verfijnd en nogmaals beproefd.
- het gereedschap nodig bij de reparatie werd op het model getest en passend gemaakt, zonodig gewijzigd.

Begin juni waren de voorbereidingen voor het vervangen van het safe-end aan stomp N19 van het reactorvat zover gevorderd dat met het oefenen van alle uit te voeren handelingen in het aangemaakte 1 : 1 model kon worden begonnen.

Op 16 en 17 juni vond de generale repetitie in het model plaats en op 18 juni werd een aanvang gemaakt met de eigenlijke reparatie. Op 21 juni was het oude overgangsstuk door het op twee plaatsen doorkotteren weggenomen, daarna moest ook in de reactorkamer (13 m vloer) de betreffende leiding worden doorgekotterd om deze leiding te laten zakken waardoor bij stomp N19 voldoende ruimte ontstond om het oude thermische schild te verwijderen.

Op 25 juni was las I, las tussen nieuwe safe-end en stomp N19, afgelast, deze las werd echter afgekeurd waarna een ingewikkelde en langdurige reparatieperiode volgde. De eigenlijke reparatie van las I werd voorafgegaan door uitgebreid oefenen in het model.

De reparatie nam veel tijd in beslag omdat herhaaldelijk slakinsluitingen moesten worden weggeslepen en na iedere reparatie laslaag een isotopen opname gemaakt om eventuele fouten er direct weer uit te kunnen halen. Een en ander had tot gevolg dat las I eerst op 5 juli klaar was en kon worden goedgekeurd.



Door de plaatselijke reparaties aan las I was het nieuwe safe-end aan de zijde waar de afgaande leiding er aan gelast moest worden enigszins onrond geworden. Met speciaal aangemaakt hydraulisch uitdruk gereedschap werd deze onrondheid, na enige malen in het model geoefend te hebben, gecorrigeerd. Omdat de binnendiameter van de pijp en het overgangsstuk niet gelijk waren, na het corrigeren van het overgangsstuk, is met hetzelfde hydraulische uitdrukgereedschap de piijpdiameter aangepast aan de diameter van het overgangsstuk.

Deze voorbereidende werkzaamheden om las II te kunnen leggen waren op 14 juli klaar, las II werd op 15 juli vol gelast en goedgekeurd.

Las III, in de reactorkamer op de 13 m vloer, was op 18 juli klaar. Hierna moesten nog twee pijpgeleidingen van nieuwe geleisesloffen worden voorzien, veerophangingen worden afgesteld en isolatiewerkzaamheden worden verricht.

1.9. Werkzaamheden 1973

Waterslagonderzoek. Het deelonderzoek dat verricht is aan waterslagverschijnselen in onderlinge samenwerking tussen TH-Delft, het Waterloopkundig laboratorium te Delft en GKN is afgesloten. Een uitgebreide rapportage van onderzoek en resultaten is gepubliceerd in de promotie dissertatie van een medewerker van de RH te Delft. De andere benaderings en berekenings wijze die de promovendus op grond van de bij dat onderzoek verzamelde kennis heeft ontwikkeld, heeft een nieuwe impuls gegeven aan en kennis bijgedragen tot het wetenschappelijk denken en ontwikkelen van rekenprogramma's die het fenomeen waterslag kunnen beheersen. Veel werk zal echter nog verzet moeten worden voor het verder pasklaar maken van de rekenprogramma's die de gedane en nog te verrichten metingen in koelwatersystemen geheel dekken. Ter voorkoming van waterslag in het koelwatersysteem van de centrale Dodewaard zijn zwaardere pneumatisch openstuurbare, hydraulisch geremde terugslagkleppen besteld en inmiddels geleverd. De inbouw is gepland gedurende de herladingsstop in april 1973.

Werktuigbouwkundige projecten. Voor de maart-stop van 1971 was de onderbouw van de (de)montage wagen voor de regelstaafaandrijfmotoren geheel herzien. Tijdens de stop bleek deze onderbouw goed te voldoen. De werking van de bovenbouw bevredigde echter niet, hetgeen leidde tot het besluit ook dat deel geheel te herzien. Het ontwerpwerk daarvoor vond plaats in het verslagjaar 1972 en werd nauw afgestemd op de opgedane ervaring van het bedienend personeel. Voor de splijtstofwisselstop van het jaar 1973 zal een geheel vernieuwde apparatuur ter beschikking staan dat niet alleen half zo zwaar is maar tevens compacter en vergaand geautomatiseerd is; naar verwachting zal hierdoor een belangrijke reductie in ontvangen stralingsdosis kunnen worden verkregen. Ook het oorspronkelijke werkbordes voor werkzaamheden boven en in het reactorvat heeft een verdere ombouw ondergaan tot meetbordes ten behoeve van de regelmatig weerkerende tussentijdse reactorvatinspecties, welke ook weer tijdens de stop van april 1973 zullen plaatsvinden. Verder werd een aanvang gemaakt met het alsnog vervaardigen van "as build" tekeningen van het leidingwerk in de reactorkamer, waartoe de behoefte is ontstaan tijdens de werkzaamheden daar ter plaatse in dit verslagjaar. Ook werd uitbreiding gegeven aan het afstandsgereedschap en wel met name een afstandbedienbare ultrasoon taster met zwaardere aandrijving in verband met het gebruik van "opnemers" met meerdere tasters; alsook een afstand onderwater roestvrijstalen reinigingsborstel welke luchtmotorgedreven kan worden uitgevoerd.

Regelstaafaandrijfsysteem. Door het werktuigkundig projectenbureau van de KEMA werd een modificatie voorstel voor de opvangconstructie, onder de regelstaafaandrijfmechanismen uitgewerkt.

In het bestaande model werden de herziene stangophangingen aangebracht en uitgetest.

Deze modificatie beoogt niet alleen een veel snellere demontage/montage, doch tevens wordt dit werk eenvoudiger en bedrijfszekerder uit te voeren. De huidige opvangconstructie zal een volgende splijtstofwisselstop worden vervangen door het beproefde verbeterde systeem.

Turbineinstallatie. Naar aanleiding van de onvoldoende bedrijfsresultaten in de afgelopen jaren met de klepstangdoorvoeringen van de diverse regel- en veiligheidsafsluiters van de turbine werd met de fabrikant contact opgenomen voor de toepassing van een beter materiaaltype. Besloten werd tenminste de hogedruk regelkleppen bij de eerstvolgende uit bedrijf name van de turbine, te voorzien van hard nitreerstalen dichtingsbussen en klepstangen.

Bij eventuele gunstige bedrijfsresultaten met dit materiaaltype, zullen de resterende bestaande stangdoorvoeringen eveneens in hard nitreer worden uitgevoerd.

Splijtstofwisselstop 1973. Tot de omvangrijkste stopwerkzaamheden, naast het splijtstofwisselen behoren onder andere: het inspecteren van reactorvatdelen, het inspecteren van splijtstofelementen en regelstaven, de revisie van een aantal regelstaafaandrijfmechanismen, het uit het reactorvat nemen en afvoeren van monsters van het staalonderzoekprogramma reactorvat, het plaatsen van nieuwe startbronnen (op ex-incore plaatsen in de reactorkern), inspectie c.q. revisie van turbinekleppen, het periodiek onderzoek door de Dienst voor het Stoomwezen van beide lage-druk waterafscheiders van de turbine, het inbouwen van nieuwe Aruematkleppen in de hoofdkoelwaterleidingen, revisie van een korfbandzeefmachine, het inbouwen van synchroniseerapparatuur voor het noodstroomaggregaat en het inbouwen van een nieuwe 100% voedingwaterklep.

2. REACTOREFYSICA EN THERMOHYDRAULICA

2.1. Algemeen

Op 9 januari 1972 werd de reactor stilgelegd ten behoeve van de 2de splijtstofwisseling. Het reactorvermogen was op dat moment gedaald tot ongeveer 159 MW(th). De uitlooperperiode begon op 2 december 1971 bij een vermogen van 175 MW(th) en verlaagd waterniveau (-10 cm). Dit niveau is later weer op normaal peil gebracht. De gemiddelde specifieke versplijting, berekend met het programma INFLATIP, was op 9 januari 11148 MWd/tU. De waarde bij het begin van cyclus 2 6615 MWd/tU, zodat de cyclusduur inclusief uitloop 4533 MWd/tU heeft bedragen. Er zijn 42 splijtstofelementen ontladen, waarvan 40 voor opwerking, met een gemiddelde versplijting van 17325 MWd/tU. Twee elementen van 6100 MWd/tU zijn tijdelijk ontladen. De 3de cyclus is gestart op 13 februari, maar was slechts van zeer korte duur. De beginversplijting van de kern was 6637 MWd/tU en de cyclusduur slechts 1623 MWd/tU. Tijdens de niet-geplande stop, vanaf 15 mei, zijn 16 elementen ontladen met een gemiddelde versplijting van 16660 MWd/tU. De aanvangsversplijting van de volgende cyclus (no. 4) was 6551 MWd/tU. Op 31 december was de specifieke versplijting toegenomen met 2706 MWd/tU. Het moment waarbij alle regelstaven uit de kern zijn zal ongeveer bij 4100 MWd/tU liggen, bij een vermogen van 163,4 MW(th).

2.2. Splijtstofverwisseling 2 en 3

De schema's voor de 2de en 3de splijtstofverwisseling zijn weergegeven in figuur RPH-I en RPH-II. Figuur RPH-III geeft de "Haling" verdeling, is verdeling met laagste piekfactor gedurende de hele cyclus, die met het gekozen herladingsschema theoretisch haalbaar is, berekend met het drie-dimensionale FLARE-programma voor cyclus 4 en een vermogen van 183 MW(th) voor een cyclusduur van 3850 MWd/tU vol vermogen.

Het aantal verplaatsingen bij herlading twee van splijtstofelementen is weergegeven in figuur RPH-I-a. Voor de hele kern bedraagt dit aantal 38. Het aantal ontladen elementen was 42.

Vergelijking van de posities van de elementen vóór en ná herlading 2 levert een totaal van 80 posities op waarin een inhoudsverandering heeft plaatsgevonden. (In het ideale geval zou dit aantal 42 zijn geweest). De 8 verwisselingen aan de rand van de kern waren noodzakelijk in verband met de subkritikaliteitsmarge bij het uitbewegen van staaf E2 en andere symmetrische regelstaven.

Het aantal verplaatsingen is hierdoor met 16 toegenomen, evenals het aantal inhoudsveranderingen van posities.

Bij herlading 3 zijn slechts 16 elementen ontladen.

Het aantal verplaatsingen, zoals aangegeven in figuur RPH-II-a bedraagt voor de gehele kern 52 en het aantal inhoudsveranderingen van posities 68. In beide bovenstaande gevallen wordt voldaan aan de formule $A + B = C$,

met

A = aantal ontladen elementen

B = aantal verplaatsingen

C = aantal inhoudsveranderingen.

Tabel 1 geeft enkele fysische en thermohydraulische grootheden berekend met de programma's FLARE en TIPPEL voor cyclus 3.

Tabel 1. Fysische en thermohydraulische grootheden
berekend met FLARE en TIPPEL tijdens cyclus 3.

geval FLARE	geval TIPPEL	verspl. MWd/tU (cyclus)	MWt kern	P _{tot} %	P _{rad} %	P _{ax.} %	Pos. rad. (TIP- PEL) not.)	Pos. ax. (TIP- PEL) not.)	Damp- bel frac- tie %	K _{eff.}	MHF* (W/ cm ²)	MCHFR*	Verspl. stap MWd/tU
		0	---										
---	1	80	136,3	202	144	127	10	16	33,3	1,0	93	2,85	160
---	2	243	172,4	193	149	120	10	20	39,0	1,0	112	2,35	165
1	---	258	159,3	187	147	121	10	17	34,0	1,0125	---	---	516
---	3	452	172,3	193	150	120	10	20	39,6	1,0	112	2,35	253
---	4	714	172,0	193	148	130	10	20	40,0	1,0	111	2,36	271
2	---	786	170,4	181	143	130	10	15	36,7	1,0114	---	---	539
---	5	962	165,3	190	151	126	10	16	38,3	1,0	105	2,50	226
---	6	1211	172,1	195	147	131	10	20	40,8	1,0	112	2,35	272
3	---	1339	170,3	196	138	134	16	17	37,0	1,0134	---	---	568
---	7	1485	170,9	203	150	133	10	16	39,5	1,0	116	2,28	276
		1623	---										
FLARE		0	183,0	207	144	143	1	19	40,7	1,0661	Geen regelstaven		
cyclus 4		3858	183,0	183	138	131	1	18	39,8	(1,0081)	"Haling"-verdeling		

115% reactorvermogen.

KERN VAN DE DODEWAARD-REACTOR

<u>16.95</u>	<u>18.34</u>	6.18	<u>16.94</u>	4.74	14.64	10.26
<u>18.43</u>	6.31	<u>18.15</u>	5.78	15.33	4.26	10.02
6.17	<u>18.28</u>	6.11 Pu U 6.11	<u>16.78</u>	4.93	13.50	9.15
<u>17.07</u>	5.76	<u>16.90</u>	4.94	14.22	11.18	
4.72	<u>15.41</u>	4.91	14.26	11.22		
14.72	4.24	13.56	11.21			
10.31	10.06	9.19				

a

6.11 Pu 0 Gd	14.22	6.18	13.50	4.74	4.92	10.26
14.26	6.31	0	5.78	0	4.26	10.02
6.17	0	15.33	0	14.64	0	9.15
13.56	5.76	0	4.94	0	11.18	
4.72	0	14.72	0	11.22		
4.92	4.24	0	11.21			
10.31	10.06	9.19				

b

Radiale versplijting vóór de tweede splijtstof-
wisseling berekend mb.v. FLARE (MWd/ kgU)
Gem. versplijting kern: 11.16 MWd/ kgU
Gem. versplijting 40 ontladen elementen: 17.33
Gem. versplijting 2 ontladen elementen: 6.11

Radiale versplijting na de tweede splijtstof-
wisseling

Gem. versplijting kern: 6.64 MWd/ kgU

SPECIFIEKE VERSPLIJTING DODEWAARD-KERN BIJ DE 2^e HERLADING

8.18 2.07	16.35	8.29	15.01	6.15	6.34	11.20
<u>16.39</u>	8.61	2.31	7.81	1.82	5.77	10.97
8.28	2.32	<u>17.48</u>	2.09	<u>16.34</u>	1.44	10.04
15.09	7.80	2.10	6.76	1.51	12.29	
6.14	1.83	<u>16.42</u>	1.51	12.29		
6.33	5.76	1.45	12.33			
11.25	11.02	10.08				

a

8.18 2.07	11.20	0	15.01	1.82	6.34	8.29
11.25	8.61	2.31	6.15	12.29	5.77	10.97
0	2.32	16.35	2.09	0	1.44	10.04
15.09	6.14	2.10	6.76	1.51	7.81	
1.83	12.33	0	1.51	12.29		
6.33	5.76	1.45	7.80			
8.28	11.02	10.08				

b

EINDCYCLUS 3. FLARE BEREKENING

SPECIFIEKE VERSPLIJTING KERN : 8260 MWd/tU.

SPECIFIEKE VERSPLIJTING ONTLADEN ELEMENT : 16660 MWd/tU.

AANVANGCYCLUS 4 . FLARE BEREKENING

SPECIFIEKE VERSPLIJTING KERN : 6550 MWd/tU.

SPECIFIEKE VERSPLIJTING VAN DE DODEWAARD REACTOR-KERN BIJ DE 3^e HERLADING IN MWd/kg U.

„HALING”

1379	1325	1369	1163	1110	888	565	TOP
1324	1329	1332	1213	1048	862	533	340
1368	1332	1201	1205	1080	840	493	614
1161	1212	1204	1101	949	684		815
1108	1046	1080	949	689			959
887	861	839	683				1066
564	532	492					1150
			<u>radiaal</u>		<u>axiaal</u>		1219
							1275
							1313
							1303
							1168
							78

RADIALE EN AXIALE „HALING”
 VERDELING BEREKEND
 MET FLARE VOOR DE 4^e SPLIJTSTOF CYCLUS
 VAN DE DODEWAARD REACTOR-KERN (183 MW_{th})

2.3. Rekenprogramma's

Het drie-dimensionale FLARE programma wordt gebruikt ter bepaling van de vermogenshistorie van de kern en de specifieke versplijting. In het algemeen wordt één kwadrant berekend. Ieder element in dit kwadrant wordt voorgesteld door 12 axiale volume-elementjes, zodat de vermogensverdeling in totaal 468 volume-elementjes berekend wordt. Invoer voor het programma zijn de gemiddelde regelstaafpatronen en het gemiddeld vermogen van de kern gedurende ongeveer een maand. Deze invoer wordt met het programma INFLATIP bepaald aan de hand van de gegevens van de wacht in Dodewaard. De versplijting wordt na ieder stap per volume-elementje met FLARE uitgerekend. Behalve voor het volgen van de cyclus wordt het programma gebruikt om de "Haling"-verdeling voor de volgende cyclus te bepalen aan de hand van het gekozen herladingsschema.

Voor een snelle berekening van een herladingsschema wordt het programma XY-FLARE gebruikt. Dit programma is twee-dimensionaal en geschikt voor een octant van de Dodewaard-kern. De rekentijd voor het bepalen van de initiële vermogensverdeling van de ongecontroleerde kern, de "Haling"-verdeling, de cycluseduur en enkele andere grootheden bedraagt minder dan 1/100 uur. Het programma houdt rekening met de versplijtingskurve voor k_{∞} van de Gadolinium elementen.

Het programma TIPPEL wordt regelmatig gebruikt om aan de hand van de gemeten axiale fluxverdelingen en het regelstaafpatroon de drie-dimensionale vermogensverdeling van de kern te bepalen en hieruit de marges af te leiden, die er voor de diverse grootheden bestaan. Figuur RPH-IV demonstreert het resultaat van een dergelijke evaluatie.

Het programma COSTMIN is een nieuw programma voor minimaliseren van de splijtstofkosten voor de evenwichtscyclus van een kernenergiecentrale.

Wanneer de kapitaalskosten per jaar constant verondersteld worden kan een maximum bepaald worden in het verschil tussen de kwk-opbrengst per jaar en de splijtstofkosten per jaar. In eerste instantie kan als parameter gekozen worden het aantal elementen per herlading en de beschikbaarheidsgraad. De tijd tussen twee herladingen wordt dan vastgehouden door middel van een kortere of langere uitlooperperiode. (Periode waarbij de regelstaven uit zijn). Voor Dodewaard zijn enkele gevallen door gerekend. De conclusie is dat het in het algemeen aanbeveling verdient een uitlooperperiode in de grootte orde van 30 dagen in te calculeren bij een stopduur van 35 dagen per jaar. De besparingen liggen in de grootte orde van f 100.000,=- per jaar.

2.4. Gadolinium elementen

Het is voor de Dodewaard centrale al sinds lang een wens om een jaarcyclus te bereiken.

Tot nu toe was in de praktijk ongeveer 4300 MWd/tU haalbaar zonder uitloop bij 163,4 MW(th). Met uitloop van een maand komt dit neer op 4800 MWd/tU ofwel ongeveer 9 maanden. De lengte werd beperkt door de subkritikaliteitsmarge, na het trekken van de sterkste staaf. Door vermogensverhoging zou de lengte van de cyclus ingekort worden om twee redenen:

- a. Het einde van de cyclus wordt eerder bereikt door de negatieve vermogenscoëfficiënt.
- b. Door het hoger vermogen neemt de versplijting sneller toe.

Het gevolg hiervan is dat de cyclusduur ten gevolge van a. teruggebracht wordt op ongeveer 3750 MWd/tU bij 183 MW(th), door b. tot ongeveer $6\frac{1}{2}$ maand (met uitloop dus ongeveer $7\frac{1}{2}$ maand).

Door toevoeging van het Gadolinium is het mogelijk de reactiviteit van de elementen te onderdrukken. Voor de komende herladingen worden elementen gebruikt waarin 2 staafjes met 1 gew.% Gadolinium.

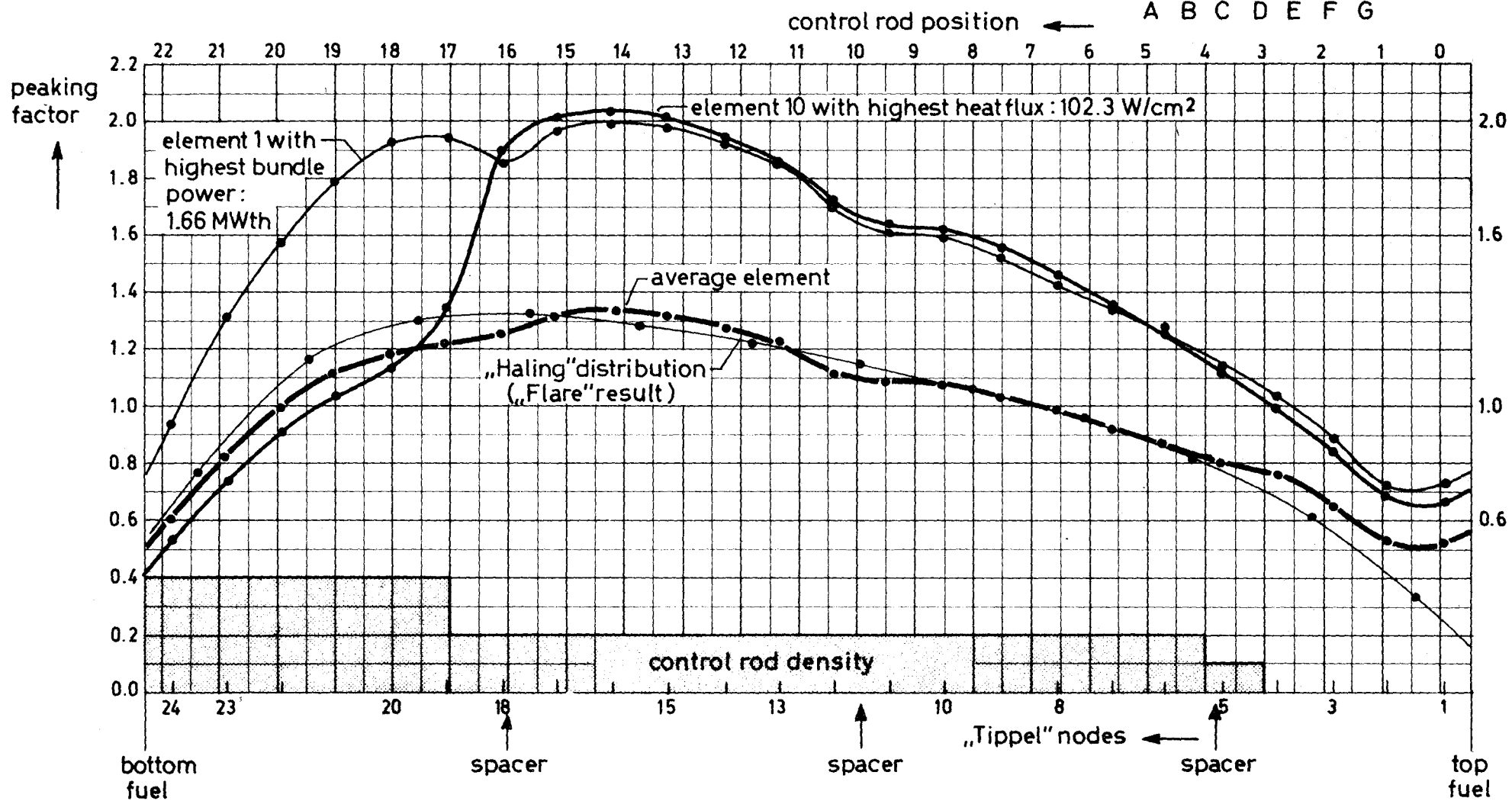
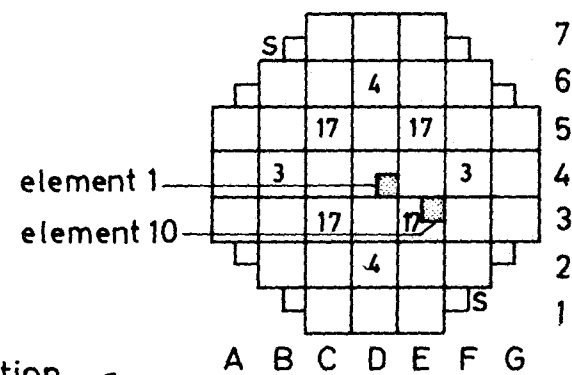
De reactiviteit vermindering hiervan bedraagt ongeveer $.11 \Delta k_{\infty}$.

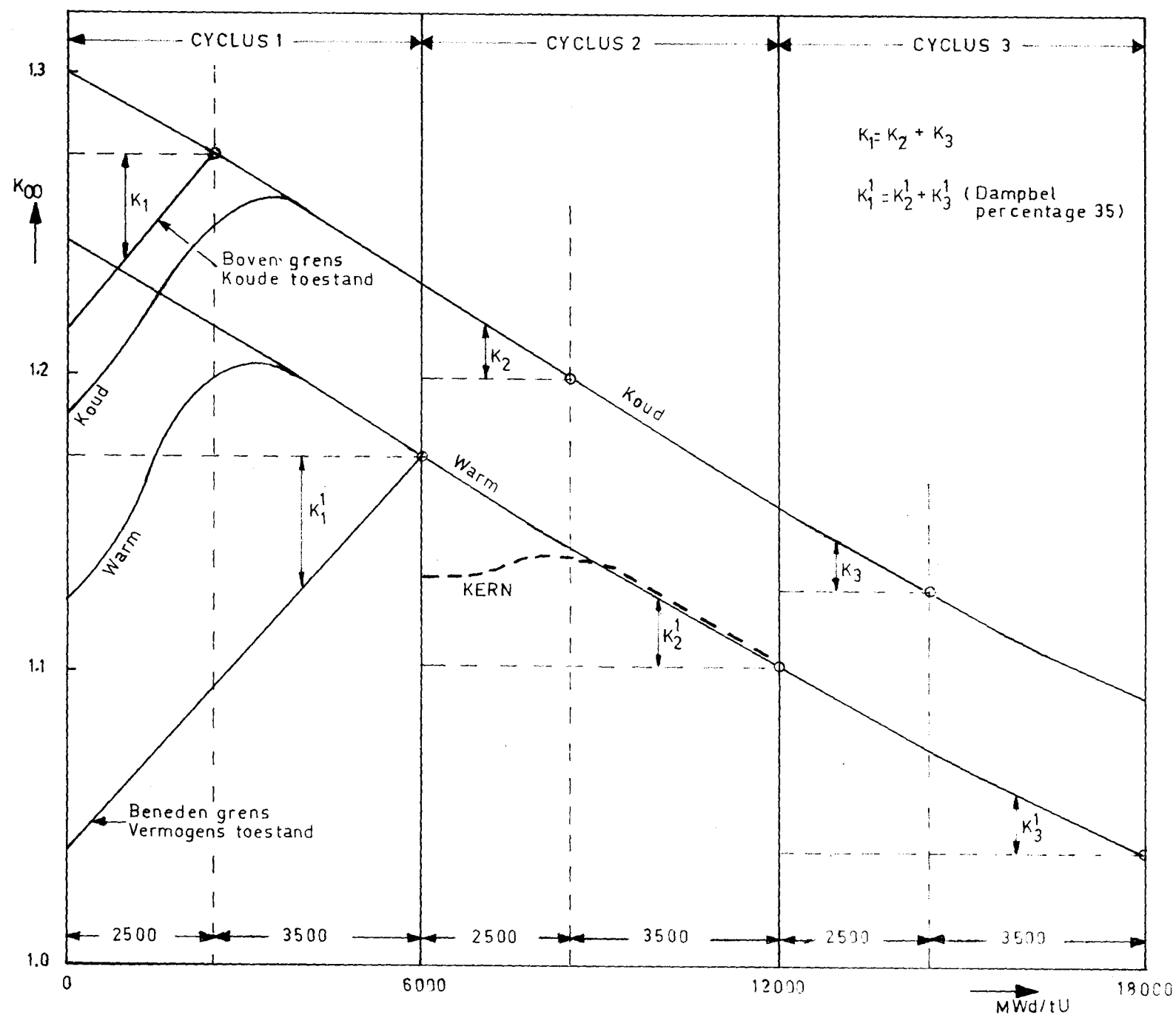
Het is nu mogelijk om het aantal nieuwe elementen per herlading te vergroten, zonder dat de subkritikaliteitsmarge te klein wordt. Een nadeel zou zijn dat de versplijting van de ontladen elementen door de grotere fractie nieuwe elementen zou afremmen. Dit kan gecompenseerd worden door een hogere verrijking. De Gadolinium elementen hebben dan ook een verrijking van 2,8% U-235 tegen 2,5% van de initiële kernlading. Deze verrijking heeft tot gevolg dat de gemiddelde versplijting van de kern aan het einde van een cyclus met ongeveer 2500 MWd/tU zal toenemen. Mits aan het eind van iedere cyclus het Gadolinium zo goed als geheel verdwenen is. Hieraan wordt voldaan bij een cyclusduur van een jaar. Omdat ongeveer 1/3 deel van de kern uit nieuwe elementen zal bestaan zal de reactiviteits onderdrukking door Gadolinium ongeveer 1/3 van $.11 k_{\infty}$ zijn ofwel ongeveer $.04 \Delta k_{\infty}$. Dit is voldoende om de cyclusduur met ongeveer 4 maanden te verlengen. Het Gadolinium mag ook weer niet te snel verdwijnen, omdat anders niet aan het subkritikaliteits criterium wordt voldaan na bijvoorbeeld één maand. Ook mag de Δk_{∞} van het Gadolinium niet zo groot zijn dat de kern geen volvermogen kan halen. Een beeld van de situatie wordt in figuur RPH-V gegeven.

De lokale piekfactor van de Gadolinium-elementen bedraagt bij 35% dampbelfractie 1.20 voornamelijk ten gevolge van de lage verrijking (2,5%) van de hoekstaafjes. Voor de initiële kern was de lokale piekfactor ongeveer 1.27.

FIG.10 IMPORTANT AXIAL POWER DISTRIBUTIONS

reactor power : 172.6 MWth
 date : 04-05-72
 time : 14.20 hr





ONTWERP CRITERIA
 GADOLINIUM ELEMENTEN

3. SYSTEMEN EN COMPONENTEN

3.1. Turbineinstallatie

Algemeen. Het onderhoud aan de turbineinstallatie werd in het jaar 1972 in hoofdzaak bepaald door optredende erosie-corrosie verschijnselen als extra op de normaal terugkerende werkzaamheden aan procesafsluiters, pompen en meet- en regelapparatuur.

De toegevoerde stoom werd tijdelijk in druk verhoogd van 71,3 tot 80 ata waarop de installatie gunstig reageerde.

Het hoogste generatorvermogen werd bereikt bij een druk van 75,5 ata en bedroeg 59,10 MW(e).

Op 16 december moest de turbogenerator wegens storingen in het oliesysteem en niet interpreteerbare vibratieverschijnselen in de voorlagerbok, uit bedrijf worden genomen.

Bij inspectie van het inmiddels verwijderde voorlagerbok-deksel, bleken diverse tanden van de tandwieloverbrenging van de reguleurgroepen en oliepompen zwaar beschadigd te zijn.

Door de turbine fabrikant werden de oliepompengroep, de reguleurgroep en tussentandwielkast uitgebreid en voor revisie naar de fabriek gezonden.

Door verkregen hulp van andere elektriciteits maatschappijen kon in zeer korte tijd over reserve tandwielen worden beschikt.

De in de voorlagerbok verspreide tandstukjes en andere niet herkenbare metaaldeeltjes werden voor onderzoek naar het metaalkundig laboratorium van de KEMA verzonden. Het hogedruk voorlager werd gedemonteerd en geïnspecteerd, de spelingen gemeten en gecorrigeerd.

Het Mitchellblok werd gedemonteerd, geïnspecteerd en er werden axiaal/radiaal metingen verricht.

De veiligheidsregulateuras c.q. aandrijfas voor de hulpwerktuigen werd vervangen.

Na revisie van de pompengroep en aandrijfkast van de reguleurs werd het geheel ingebouwd en volgens protocol uitgelijnd.

De toch nog omvangrijke reparatie kon in een week tot een goed einde worden gebracht.

Turbinekleppen. Hier werden, bij het demonteren van de pakkingbusgeleidebussen der hogedruk regelkleppen, vrijwel totaal weggeërodeerde geleidebussen aangetroffen. Ook de by-pass MP, uitklink- en opvangkleppen vertoonden een ernstig erosie-corrosie slijtage beeld, al was dit dan in mindere mate als bij de hogedruk regelkleppen. Door het nog ontbreken van voldoende gegevens op het gebied van de toepassing van andere materialen werd tot vernieuwing der bussen overgegaan, echter wel van dezelfde materiaalsamenstelling. Inmiddels is een opdracht verstrekt aan de turbineleverancier, ter vervanging van de bussen van alle hiervoor genoemde kleppen en wel vervaardigd van nitreerstaal. De montage zal plaatsvinden tijdens de splijtstofwisselstop in april 1973.

Wanddiktemetingen. De standaardwanddiktemetingen aan de waterafscheiders gaf een verontrustende wanddikte afname of snelheid waarmee deze afneemt te zien. Er worden echter wel voorbereidingen getroffen om in de toekomst de te verwachten reparaties op dit gebied, door bijvoorbeeld opspuiten van metalen op de aangetaste vlakken of door vervanging, snel en economisch uit te voeren.

Hoofdcondensaatpompen. Pomp I werd gedemonteerd, na vier bedrijfsjaren en in goede staat bevonden. De mogelijkheid wordt nagegaan hoe de capaciteit van deze pompen verhoogd kan worden. Deze hogere capaciteit kan een onderdeel vormen van de modificaties die nodig zijn om de installatie op een vermogen van 195 MW(th) te brengen, waarbij een pompdebiet behoort van circa 310 t.h^{-1} en een generatorvermogen van 64 MW(e).

Stoomwezenkeuringen. Vierjaarlijkse inspecties en herbeproevingen werden uitgevoerd van onder Stoomwezen vallende apparatuur, waarbij tevens de voorgestelde drukverhoging werd ingecalculeerd. Ten gevolge hiervan werd ook voorwarmer no. 3 onder Stoomwezenkeur gebracht.

Reserve onderdelen. Gedurende dit jaar werd het bestand aan reserve onderdelen aangepast aan de opgedane bedrijfservaring.

3.2. Regelstaafaandrijfsysteem

De regelstaafaandrijvingen hebben goed gefunctioneerd.
Geen enkele aandrijving is uit het reactorvat genomen
om gereviseerd te worden.
Een overzicht van de scramtijden wordt op tabel I en II
gegeven.

Tabel 1 Reactordruk: atmosferisch

drive no.	scramtijd (04 uit) sec.									
	22-5- 1968	7-9- 1968	4-11- 1968	febr. 1969 stop	6-10- 1969	sept. 1969 stop	mei 1970 stop	3-6- 1970	maart 1971 stop	8-4- 1971
01	1,02	1,02	1,03	---	1,14	---	---	---	---	1,07
02	1,16	1,12	1,15	---	1,19	---	revisie	1,17	---	1,18
03	1,02	1,04	1,06	---	1,03	---	---	---	revisie	1,13
04	1,16	1,13	1,26	---	1,15	---	revisie	1,07	---	1,08
05	1,14	1,15	1,13	---	1,17	---	---	---	---	1,16
06	1,14	1,12	1,13	---	1,10	---	---	---	revisie	1,14
07	1,14	1,14	1,15	---	1,15	---	revisie	1,10	---	1,15
08	1,09	1,10	1,11	---	1,12	---	---	---		reserve
09	1,17	1,05	1,02	---	1,17	---	---	---	revisie	1,02
10	1,14	1,14	1,14	---	1,15	---	---	---	---	1,18
11	1,20	1,20	1,21	---	1,19	---	revisie	reserve	---	1,18
12	1,20	1,04	1,06	revisie	reserve	reserve	---	---	---	1,12
13	1,08	1,09	1,09	---	1,08	---	revisie	1,12	---	1,11

Tabel 1 (vervolg) Reactordruk: atmosferisch

drive no.	scramtijd (04 uit) sec.									
	22-5- 1968	7-9- 1968	4-11- 1968	febr. 1969 stop	6-10- 1969	sept. 1969 stop	mei 1970 stop	3-6- 1970	maart 1971 stop	8-4- 1971
14	1,10	1,09	1,11	---	1,03	---	---	---	---	1,05
15	1,16	1,13	1,15	---	1,15	---	---	---	revisie	1,21
16	1,06	1,04	1,06	---	1,06	---	revisie	reserve	---	1,19
17	1,19	1,12	1,08	---	1,10	---	---	---	---	1,07
18	1,13	1,00	1,02	---	1,06	---	---	---	revisie	1,06
19	1,09	1,10	1,11	---	1,17	---	---	---	revisie	1,08
20	1,08	1,08	1,08	---	1,10	---	---	---	---	1,13
21	1,11	1,11	1,10	---	1,13	---	---	---	---	1,15
22	1,07	1,08	1,10	---	1,12	---	---	---	---	1,12
23	1,03	1,03	---	---	1,16	---	revisie	1,18	---	1,21
24	1,10	1,09	1,11	---	1,12	---	revisie	1,14	---	1,16
25	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve
26	1,00	1,01	1,00	revisie	1,04	revisie	revisie	1,22	---	1,25

Tabel 1 (vervolg) Reactordruk: atmosferisch

scramtijd (04 uit) sec.										
drive no.	22-5- 1968	7-9- 1968	4-11- 1968	febr. 1969 stop	6-10- 1969	sept. 1969 stop	mei 1970 stop	3-6- 1970	maart 1970 stop	8-4- 1971
27	1,01	1,14	1,14	---	1,14	---	---	---	---	1,16
28	1,01	1,02	1,02	revisie	1,13	---	---	---	---	1,07
29	1,18	1,18	1,21	---	1,22	---	---	---	revisie	1,08
30	1,17	1,16	1,18	---	1,18	---	---	---	---	1,20
31	1,07	1,18	1,19	---	1,22	---	revisie	1,14	---	1,17
32	1,11	1,12	1,13	---	1,13	---	---	---	---	1,18
33	1,16	1,17	1,18	---	1,19	---	revisie	1,06	---	1,08
34	1,15	1,22	1,22	---	1,17	---	---	---	---	1,20
35	1,06	1,06	1,07	---	1,08	---	revisie	1,20	---	1,20
36	1,05	1,02	1,05	---	1,05	---	---	---	---	1,07
37	1,06	1,13	1,12	---	1,16	---	revisie	1,08	---	reserve
38	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	---	---	---	---	1,04
39	1,09	1,09	1,10	---	1,13	revisie	---	1,10	---	1,13
P01	reserve	reserve	reserve	reserve	1,04	---	---	---	---	1,05

Tabel 2 Overzicht scamtesten bij $P_R = 70$ ato

drive no.	scramtijd (04 uit) sec.									
	20-8- 1968	12-12- 1968	febr. 1969 stop	sept. 1969 stop	28-1- 1970	mei 1970 stop	16-3- 1971	maart 1971 stop	15-2- 1972	15-5- 1972
01	---	0,74	---	---	0,91	---	---	---	0,89	---
02	---	---	---	---	---	revisie	0,86	---	---	0,80
03	---	0,81	---	---	---	---	---	revisie	0,96	---
04	---	0,70	---	---	0,87	revisie	---	---	---	0,76
05	---	0,75	---	---	---	---	0,93	---	---	0,96
06	0,76	---	---	---	0,85	---	---	revisie	0,80	---
07	---	0,83	---	---	---	revisie	---	---	0,78	---
08	0,75	---	---	---	0,96	---	---	revisie	reserve	---
09	---	0,71	---	---	0,86	---	---	revisie	0,79	---
10	0,73	---	---	---	0,83	---	---	---	0,77	---
11	0,75	---	---	---	0,91	revisie	reserve	---	0,74	---
12	0,77	---	revisie	reserve	reserve	---	0,75	---	---	0,85
13	---	0,75	---	---	---	revisie	---	---	0,98	---

Tabel 2 (vervolg) Overzicht scramtesten bij $P_R = 70$ ato

scramtijd (04 uit) sec.										
drive no.	20-8- 1968	12-12- 1968	febr. 1969 stop	sept. 1970 stop	28-1- 1970	mei 1970 stop	16-3- 1971	maart 1971 stop	15-2- 1972	15-5- 1972
14	0,74	---	---	---	0,94	---	---	---	0,89	---
15	---	0,76	---	---	0,93	---	---	revisie	0,99	---
16	---	0,70	---	---	---	revisie	reserve	---	0,76	---
17	---	0,77	revisie 24-2-'69	---	---	---	---	---	0,94	---
18	0,83	---	---	---	0,93	---	---	revisie	0,84	---
19	0,95	---	---	---	0,90	---	---	revisie	---	0,77
20	0,73	---	---	---	0,91	---	---	---	0,97	---
21	---	0,77	---	---	0,93	---	---	---	0,89	---
22	---	0,77	---	---	0,95	---	1,06	---	0,931	---
23	0,72	---	---	---	1,00	revisie	0,87	---	0,82	---
24	---	0,73	---	---	0,93	revisie	---	---	---	0,82
25	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	reserve	---
26	0,73	0,73	---	revisie sept.'69	reserve	---	0,84	---	0,79	---

Tabel 2 (vervolg) Overzicht scamtesten bij $P_R = 70$ ato

scramtijd (04 uit) sec.										
drive no.	20-8- 1968	12-12- 1968	febr. 1969 stop	sept. 1969 stop	28-1- 1970	mei 1970 stop	16-3- 1971	maart 1971 stop	15-2- 1972	15-5- 1972
27	0,75	0,75	---	---	0,91	---	---	---	---	---
28	0,70	---	revisie 24-2-'69	---	0,78	---	---	---	0,95	---
29	0,74	---	---	---	0,86	---	---	---	---	0,84
30	0,72	---	---	---	0,85	---	---	revisie	---	0,79
31	---	0,80	---	---	0,99	revisie	---	---	0,91	---
32	---	0,77	---	---	0,89	---	---	---	---	0,89
33	0,79	---	---	---	1,05	revisie	---	---	---	0,88
34	---	0,71	---	---	---	---	---	---	0,91	---
35	---	0,74	---	---	---	revisie	---	---	---	1,04
36	---	0,72	---	---	0,92	---	---	---	0,79	---
37	---	0,77	---	---	1,00	revisie	---	---	---	0,97
38	reserve	reserve	reserve	---	0,79	---	---	---	reserve	---
39	---	0,82	---	revisie sept.'69	0,92	---	---	---	0,77	---
P01	reserve	reserve	---	---	0,79	---	---	---	---	0,87
									0,81	---

Toen in februari bleek dat het overgangsstuk aan stomp N25 van het reactorvat gerepareerd moest worden is nagegaan wat de consequenties zouden zijn bij aansluiting van de overstortleiding van het regelstaafaandrijfsysteem op de voedingwaterleiding, in plaats van op het reactorvat - waar het defecte overgangsstuk door een blinde aansluiting werd vervangen. Geconcludeerd kon worden dat verplaatsing van deze overstort geen nadelige invloeden op de werking van het systeem zou hebben.

Metingen werden verricht om de invloed na te gaan van een verhoging van de reactordruk op het scrammechanisme; het was mogelijk geweest dat deze verhoging grotere vertragingen bij de scambeweging zouden veroorzaken. Een nadelige invloed kon echter niet worden geconstateerd.

3.3. Reactorwaterzuiveringssysteem

Gedurende het gehele jaar (na januari-stop) is deminbed F1 in bedrijf geweest.

Gedurende twee stops werd een circulatiepomp met een debiet van 30 m³/h geïnstalleerd welke met flexibele slangen werd aangesloten om op deze manier een hoog debiet reactorwater over een deminbed te kunnen voeren gedurende drukloos reactorvat. Drie maal werd het systeem uit bedrijf genomen voor een korte stop.

Als gevolg van defecten aan systeemcomponenten tripte het systeem vijf maal. Als gevolg van een spanningsval in het elektrische net één maal.

De draaiuren van de achttientrapspomp no. 2 bedroegen 1628 uur waarna de pomp defect raakte door beschadiging aan de asafdichting bij het opnieuw opstarten van het systeem. Hierna werd pomp no. 3 in bedrijf genomen die totaal 3929 draaiuren maakte en storingsvrij heeft gewerkt.

De cyclonen hebben praktisch evenveel bedrijfsuren als de pompen, samen circa 5557 uur.

Het precoatfiltersysteem is diverse malen uit bedrijf geweest als gevolg van lekkage aan klepstangdoorvoeringen van dit gedeelte van het systeem en storingen, van elektrische aard, aan het filter zelf.

De warmtewisselaars hebben geen problemen gegeven na de modificaties in 1971, afgezien van geringe lekkages aan flenzen na opstart van het systeem uit koude toestand. De lekkages konden echter met natrekken van de bouten verholpen worden.

3.4. Afvalwaterindampinstallatie

De installatie is bestemd voor het zuiveren van radio-actief afvalwater door middel van verdamping, die plaats vindt in twee verdampingstrappen.

De totale capaciteit is 625 kg.h^{-1} , waarvan 40 kg.h^{-1} onttrokken wordt uit het circulatiesysteem van de eerste verdampingstrap en als voeding dient voor de tweede verdampingstrap.

Het aantal bedrijfsuren was dit jaar 2540 uren, waarbij 1084 m^3 water werd verdampt.

Het eerste halfjaar werd de goede werking van de installatie nog steeds belemmerd door verstoppingen in het voedingleidingssysteem.

Door een kleine modificatie in de leidingloop van de afvalwaterbehandelingssystemen is het mogelijk geworden het afvalwater met behulp van een mechanisch platenfilter, Funda-filter, te reinigen alvorens het naar de afvalwater indampinstallatie wordt gevoerd.

Moeilijkheden met verstoppingen in het voedingleidingssysteem werden daarna ook niet meer ondervonden.

Minder belangrijke apparatuur die was verwijderd tijdens de optredende verstoppingen werd weer aangebracht.

Op 15 oktober werd de gehele installatie uit bedrijf genomen en grondig gespoeld, dit voor algeheel onderhoud en periodieke keuring door de Dienst voor het Stoomwezen.

De beide dichtheidsmetingen in het circulatiesysteem van de indampers werden voorzien van een doorspoelsysteem, voor regelmatig reinigen.

De instrumentatie werd met de volgende apparatuur uitgebreid: Geleidbaarheidscellen met een continue meting werden geplaatst in de condensaatafvoerleiding van de verdampingstrappen.

Een drukverschilmeting werd aangebracht over de filterpakketten, die zich bevinden in de dampafvoorzijde van de verdampingstrappen.

Metingen werden verricht door de afdeling chemie, op de kwaliteit van de te verdampen vloeistof en het gevormde condensaat hiervan.

De dichtheden in de eerste en tweede trap zijn respectievelijk 0,97 en 1,06 bij 100°C , dit betekent dat dan respectievelijk 10 en 100 kg.m^{-3} opgeloste stoffen aanwezig zijn, de suppletie van de eerste trap is uitgelegd voor maximaal $0,5 \text{ kg.m}^{-3}$, de concentratiefactor is dan $100 : 0,5 = 200$.

Daar echter de hoeveelheid opgeloste stoffen in de aanvoer opgelopen is tot circa 20 kg.m^{-3} betekent dit dat de capaciteit of de concentratiefactor sterk daalt en de indamper daardoor langer in bedrijf is om een gegeven hoeveelheid afvalwater te verwerken. Men dient hier rekening mee te houden en het steeds weer recirculeren van het brein in het systeem bij een bepaalde concentratie te stoppen en deze uit de circulatie te halen.

3.5. Verwerking van nat radioactief afval.

In de periode 20 april tot en met 1 juni 1972 werd de aanwezige hoeveelheid natte afval, die opgeslagen was in de afvalopslagtanks, verwerkt en afgevoerd.

In totaal werd ongeveer 8500 liter natte afval verwerkt, te weten:

- ongeveer 5000 liter precoatpoeder vermengd met indamper concentraat. (activiteit $9 \mu\text{Ci.g}^{-1}$).
- ongeveer 3500 liter uit het reactorwaterzuiveringssysteem (activiteit $7 \mu\text{Ci.g}^{-1}$).

Deze afval werd uitgefilterd met behulp van het Funda-filter en via een doseerinrichting in 200-liter vaten gestort.

De 200-liter vaten waren door een betonfabriek voorzien van met beton ingestorte binnenvaten, van 28 liter inhoud, volgens door het Reactor Centrum Nederland opgestelde specificaties.

Na de afvaldosering werd het binnenvat afgevuld met cementpoeder en van een deksel voorzien.

Daarna werden de vaten volgestort met beton tot 3 cm onder de bovenrand.

In totaal werden voor de verwerking van nat radioactief afval 569 vaten gebruikt, met een gemiddelde dosering van 15 liter afval per vat

De totaal afgevoerde activiteit bedroeg ongeveer 65 Curie.

De totaal door het personeel ontvangen stralingsdosis als gevolg van de afvalverwerking bedroeg 7860 mRem.

De maximaal gemeten straling op de doseringsapparatuur bedroeg 7000 mR.h^{-1} op het oppervlak van de doseerkamer van de "hopper".

Behalve de vaten met natte afval werd nog een 80-tal vaten gevuld met droog vast radioactief afval en afgestort met beton.

Bovendien zijn 30 stuks 200-liter vaten verscheept, die bij vorige proefverwerkingen met radioactief afval al met beton waren afgestort.

De verwerkingsperiode bestond uit 28 werkdagen.

De gemiddelde dagproduktie was ongeveer 20 vaten.

De maximale personeelsbezetting ten behoeve van de afvalverwerking bedroeg 8 man en was onderverdeeld in:

- 4 man voor de bediening van de afvaldoseerinstallatie en van het filtreersysteem.
Hiervan waren 2 man afkomstig uit de bedrijfswacht die geassisteerd werden door 2 man uit de bedrijfswacht van de PGEM te Nijmegen.
- 2 corveërs, voornamelijk belast met het transport van de vaten van en naar de afvalverwerkingsinstallatie.
- 1 KEMA-stralingscontroleur.
- 1 expediteur, ten behoeve van het transport van 200-liter vaten met de bijbehorende binnenvaten naar de plaatselijke betonfabriek en het transport van voorgestorte vaten van de betonfabriek naar de centrale en ten behoeve van de aanvoer van betonpap van de betonfabriek naar de centrale voor het afstorten van de vaten.

Tijdens de verwerkingsperiode traden als belangrijkste storingen op:

- Het defect raken van de luchtcilinder voor de aandrijving van de "hopper" van de doseerinrichting, dat als gevolg van het afbreken van de bevestigingstapeinden van de deksels.
Na de verwerkingsperiode is de luchtcilinder vervangen door een type van steviger constructie.
- Het defect raken van het Funda-filter doordat diverse roestvaststalen moertjes voor de bevestiging van de filtermatten gescheurd waren. Als gevolg hiervan waren drie filterplaten losgewerkt. In totaal waren zeven van de vijftien filtermatten beschadigd.
Daar het gebruikte type filtermateriaal niet meer geleverd kon worden, werden alle vijftien filtermatten met toebehoren vernieuwd.

Samenvattend kan worden opgemerkt dat tot na de afvaldoseerinrichting het verwerken van de afval weinig problemen gaf, maar het interne transport en de werkwijze bij de afwerking van de vaten kan verbeterd worden.

De opgelopen stralingsdoses zijn ongunstig beïnvloed door storingen aan de apparatuur.

Betere lay-out van de installatie en verdere doorvoering van de afstandbediening kunnen de op te lopen stralingsdoses tijdens de verwerking nog belangrijk omlaag brengen.

Bij een gelijkblijvende aanvoer van nat radioactief afval zal het nodig zijn éénmaal in de twee à drie jaar tot verwerking van het afval over te gaan.

3.6. Ventilatie systeem

In aansluiting op het jaarverslag van 1971 kan opgemerkt worden dat het systeem naar wens heeft gefunctioneerd. Het onderhoud bleef beperkt tot het vervangen van enkele V-snaren en het uitwisselen van toe- en afvoerfilters (zie overzicht).

De testen van signaleringen, beveiligingen en overname acties zijn volgens programma uitgevoerd en hebben geen aanleiding tot opmerkingen gegeven.

Ter verbetering van de ventilatie in het afvalgebouw zijn enkele sparingen gedicht.

Naar aanleiding van een moeilijk te lokaliseren lek dat luchtbesmetting tot gevolg had is de ventilatie in de condensorruimte, de stoomtunnel en de ejectorruimte kritisch bekeken. Dit heeft nog niet geleid tot wijzigingen van het betreffende deel van het systeem. Wel is de directe toevoer naar de condensorruimte met $100 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ verminderd door het afblinden van een koker in de stoomtunnel (dit was nodig in verband met eenzijdige afkoeling van het MPR klephuis). Door deze verminderde toevoer is de stroming van de omliggende ruimten naar de condensorruimte verbeterd.

De monitors op de afvoerkokers van de condensorruimte zal zo verplaatst worden dat ook de ventilatielucht uit de ejectorruimte op activiteit gemeten wordt.

Omdat in voorgaande winters nogal eens last werd ondervonden van rijpafzetting op de inlaatroosters van de ventilatie, is het rooster in de noordgevel, dat tot dusver niet bereikbaar was, voorzien van een bordes. Hier kan nu ook eventuele rijpafzetting verwijderd worden.

De uitblaasopeningen van de koelventilatoren zijn voorzien van een nieuw type roestvaststalen jalouzieën. Bij het oude type bleven de jalouzieën van de niet draaiende ventilatoren soms open staan.

Overzicht uitgewisselde filters 1972

F- 1	natte afzuig reactorgebouw	voorfilters vernieuwd.
F- 2	droge afzuig reactorgebouw	absoluutfilters onder noord en zuid vernieuwd.
F- 3	afzuig turbinegebouw en condensorruimte	----- (bypass).
F- 4)	noodventilatie	-----
F- 5)		
F- 6	afvoer afvalgebouw	absoluutfilters vernieuwd.
F- 7	afvoer afvalgebouw	absoluutfilters vernieuwd.

vervolg Overzicht uitgewisselde filters 1972

F- 8	afvoer balenpers	voorfilters vernieuwd.
F- 9	afvoer hoofdtoegangscontrole	----- (bypass).
F-10	verplaatsbaar filter	-----
F-11	afvoer spoelsysteem reactorkamer	-----
F-12	toevoer nevengebouw	2 x voorfilters (roll-o- matic) vernieuwd.
F-13	toevoer reactorgebouw	2 x voorfilters (rool-o- matic) vernieuwd. enkele zakken van absoluut filters (dry-pack) vernieuwd.
F-14	toevoer afvalgebouw	viledon matten vernieuwd.
F-15	toevoer hoofdtoegangscontrole	-----
F-16	toevoer accuruimte	viledon vernieuwd.
F-17	toevoer turbinevloer	viledon vernieuwd.
t/m	(wandventilatoren)	
F-21		
F-22)	toevoer nevenstrook	3 x viledon vernieuwd.
F-23)	(wandventilatoren)	2 x viledon vernieuwd.
F-24	toevoer wisselbassin	
F-25	toevoer splijtstof- opslagbassin	-----
F-26	toevoer spoelsysteem reactorkamer	-----
F-27)		-----
F-28)	toevoer werkplaats	
F-30	toevoer cabine besmet werk	-----
	filters airconditioning regelzaal	2 x viledon-mat vernieuwd.

3.7. Harsregeneratiesysteem

In het afgelopen jaar zijn de vier genummerde harsvullingen A-B-C-D éénmaal geregenereerd in het harsregeneratiesysteem. Deze regeneraties zijn geheel volgens het zogenaamde automatische programma uitgevoerd en nagenoeg zonder storingen. De enkele kleine storingen die zich hebben voorgedaan mogen als normaal beschouwd worden, bovendien waren dit geen principe storingen.

Het aftapwater in de drainbakken, afkomstig van de drie filters, werd niet te allen tijden feilloos afgevoerd. De vermoedelijke oorzaak hiervan is een slechte of verhinderde afvoer van het aftapwater naar de pomp.

Enkele modificaties zijn nog aan het automatische programma uitgevoerd, te verbetering van de veiligheid en bediening, ook in de toekomst zal hier nog aandacht aan geschonken worden.

Tevens werd verder gegaan met het instrueren van de werktuigkundigen voor de bediening van het harsregeneratiesysteem.

Er wordt naar gestreefd, om per wachtbezetting twee mensen te hebben, die het harsregeneratiesysteem deskundig kunnen bedienen.

Totaal verbruikte hoeveelheid water, tijdens gehele regeneratie processen (4 maal), welke via de afvalverwerkingsinstallaties verwerkt diende te worden bedroeg 330 m³.

4. ONDERHOUDSWERKZAAMHEDEN

4.1. Werktuigkundig onderhoud

Gereedschappen. In de loop van het jaar werden alle voor een bepaalde vloer bestemde gereedschappen, zowel speciale als handgereedschappen, op gereedschaprekken op de betreffende vloer ondergebracht. Deze gereedschaprekken komen op de turbinevloer 22 m, op de splijtstofwisselvloer en op de 13 m vloer van het reactorgebouw voor het uitwisselen en reviseren van de regelstaafaandrijfmechanismen. De persinstallatie voor het testen van gereviseerde regelstaafaandrijfmechanismen werd in de werkplaats op de 13 m vloer van het reactorgebouw opgesteld, waardoor reviseren en testen op een en dezelfde plaats kan gebeuren.

Radioactiefafvalgebouw. Om het interne transport van vaten, bestemd voor de verwerking van nat radioactiefafval, te vereenvoudigen werden de banden bij de cementeerinstallatie uitgebreid met enige secties rollenbanen. Hiermee werd bereikt dat de vorkheftruck niet meer het gebouw in en uit hoeft te rijden, maar staande voor de toegangsdeur zowel lege als volle vaten kan behandelen.

Smeercyclus. Aan de hand van de beschikbare ervaringscijfers werd het bestaande smeersysteem en de administratie hiervan geheel herzien. Smeeroliemonsters van de turbogenerator, het noodstroomaggregaat en de beide brandblusdieselaggregaten werden geanalyseerd en voor verder gebruik goedgekeurd.

Brandblusinstallatie. Ten behoeve van de turbinesmeerolie bedrijfstank- c.q. het pompensysteem werd een automatisch werkende BCF-brandblusinstallatie aangebracht.

Afvalwaterindampinstallatie. De gehele installatie werd aan een onderhouds- en inspectiebeurt onderworpen. Bij de inwendige inspecties van de verdampertrappen AIS-W1-4 bleken de glaswol waterafscheiders voor 50% respectievelijk 100% verdwenen te zijn. Verondersteld wordt dat het glaswol gedeeltelijk met terugspoelen door de draagroosters heen gevallen is, c.q. medegenomen is met de stoomstroming.

In verband met de gebleken mindere geschiktheid van dit materiaal als waterafscheider, werden roestvrijstalen waterafscheiderpakketten aangekocht en ingebouwd. Deze afscheiders hebben een pakkethoogte van 150 mm en werden zo hoog mogelijk in de verdampertrappen aangebracht. Om tijdens bedrijf de weerstandsverandering van deze afscheiders te kunnen controleren werd een drukverschilmeting over de afscheiderpakketten ingebouwd.

De beide bestaande dunwandige roestvrijstalen meetleidingen van de vloeistofdichtheidsmeting, werden wegens traanlekkages op de lasverbindingen, in hun geheel vervangen door dikwandige roestvrijstalen leidingen.

Het laswerk aan deze leidingen werd door een gekwalificeerde lasser uitgevoerd.

Bedrijfskoelwatersysteem. Volgens onderstaand schema werden in 1972 de volgende direct door Waalwater gekoelde warmtewisselaars gereinigd.

maand	1	2	3	4	5	6+7	8	9	10	11	12	to- taal
hoofdcondensors (2,2)	2				4							4
oliekoelers KKSS-pompen (2,2)	2											2
oliekoelers turbine (3,2)	3				3							6
GKS-warmtewisselaars (2,1)	2			1 ^x								3
airconditioning koelers regelzaal (1,1)	1							1				2
weerstandsbakken VWP (3,2)	3	3						3				9
generatorkoelers (2,2)	2				2			2 ^{xx}				6
trafokoelers (2,1)	2				1							3
nakoelers lucht-compressoren (2,1)					2			2				4

(-,) aantal aanwezige wisselaars

(, -) aantal wisselaars dat bij nominaal vermogen bijstaat

x II

xx door in regenstroomrichting te spoelen met een water-lucht mengsel.

4.2. Elektrotechnisch onderhoud

Het testen van de beveiligingen van de generator, de transformatoren en de 150 kV-lijn. In de januari-februari stop zijn de volgende beveiligingen getest:

van de 150 kV-lijn:

- de distantiebeveiliging.

van de 65 MVA generator:

- de asymmetriebeveiliging
- de differentiaalbeveiliging
- de maximumspanningsbeveiliging
- de maximum stroom-tijd beveiliging
- de waterstof signaleringen
- de signaleringen van de asafdichtingsolieën
- diverse printcircuits
- de rotoraardsluitbeveiliging en de aardsluitbeveiliging van de hulpopwekker.

van de 75 MVA transformator:

- het gasrelais van de conservator
- het gasrelais van de kabeleindsluitingen
- de differentiaalbeveiliging
- het wegvallen van de oliekoeling
- het drukrelais van de stappenschakelaar
- het drukrelais van de omschakelaar
- de regelschakelaar in de tussenstand.

van de 4 MVA transformator:

- het gasrelais
- de differentiaalbeveiliging

van elk van beide 1000 KVA transformatoren en van de 800 KVA transformator:

- het gasrelais
- de temperatuurbeveiliging.

Generator. De generator werd voorzien van een nieuwe sleep-ringborstelhouderbrug en borstelhouders, waardoor het tijdens bedrijf nu mogelijk is de borstels om beurten te verwisselen.

Vóór deze verandering diende de generator om de circa 3½ maand uit bedrijf genomen te worden voor vernieuwing van de borstels.

Elektromotoren. In het afgelopen jaar hebben de volgende elektromotoren een inspectie, reiniging, onderhouds, eventuele reparatie beurt ondergaan, waarbij tevens de lagers vernieuwd zijn:

75	pk	380 V	motor van luchtcompressor 1
0,75	pk	380 V	motor van ventilator transformatorcel 4 MVA transformator
150	pk	380 V	motor van pomp 4 in het kerninundatiesysteem
600	pk (2x)	3 kV	motor van voedingwater pomp 1 en 2
100	pk	380 V	motor van pomp 2 in het reactorwaterzuiveringssysteem
1	pk	380 V	motor van het roterend filter aan Dodewaardzijde
10	pk	380 V	motor van pomp 3 in het afvalindampstelsel
3	pk	380 V	motor van pomp 7 in het afvalindampstelsel
55	pk (2x)	380 V	motor van pomp 1 en 2 in het gesloten koelwatersysteem
30	pk	380 V	motor van pomp 3 in het splitsstofbassin koelwatersysteem
25	pk (2x)	380 V	motor van 98 Hz omvormer 1 en 2
25	KVA (2x)	380 V	98 Hz generator 1 en 2
15	pk (2x)	380 V	motor van pakkingbuslekstoomventilator 1 en 2
10	pk (2x)	380 V	motor van de beide korfbandzeefmachines
5,5	pk	380 V	motor van pomp 2 in het bron- en leidingwatersysteem
10	pk	380 V	motor van de 15 ato oliepomp in de turbineinstallatie
3	kW	380 V	motor van de 70 ato oliepomp in de turbineinstallatie
5,5	pk	380 V	motor van pomp 4 in het lichtverontreinigd afvalwaterbehandelingsstelsel

525	pk	3 kV	motor van pomp 2 uit het condensor koelwater systeem
1,5	kW	380 V	motor van de gasafzuigpomp van de hoofdolietank
1	pk (4x)	380 V	dompelpompjes

Totaal: 30 stuks motoren/generatoren.

Regelweerstand van de motoren van de voedingwaterpompen.
Het toerental van de sleep-ringankermotoren van de drie voedingwaterpompen wordt geregeld door middel van vloeistofweerstand, die zijn opgenomen in het rotorcircuit. De koolstofstalen cilindrische platen werden in alle drie de weerstandsbakken voor het eerst sinds de in bedrijf stelling in oktober 1968 vervangen.

In 1972 is na overleg met de KEMA in één weerstandsbak een proef gedaan met roestvrijstalen platen 304, bij een 1,5% Na_2CO_3 oplossing. Na 925 bedrijfsuren was 5 cm afgesleten. De roestvrijstalen platen 304 zijn door koolstofstalen platen vervangen. Door de KEMA werd opnieuw een onderzoek verricht en als conclusie is eruit gekomen, dat een Na_2CO_3 oplossing van 1,5% veel te hoog geweest is en zo laag mogelijk gekozen dient te worden.

Het ligt in de bedoeling dit in de praktijk te toetsen. In 1972 ontstond ten gevolge van een losse verbinding in een weerstandsbak oververhitting van een doorvoering met als gevolg een gescheurde isolator en lekkage. De defecte isolator werd vervangen. Bij alle overige isolatoren werden géén losse verbindingen aangetroffen.

4.3. Instrumentatie onderhoud

Datalogger en regelstaafwaardebegrenzer. Door Philips werden onder andere de volgende programma wijzigingen in de datalogger aangebracht.

- De digitale storingsnotering werd verlengd van 20 seconden naar 60 seconden.
- De mogelijkheid werd gecreëerd om een overzicht van de analoge kanalen te laten typen.

Storingsoverzicht datalogger

	1970	1971	1972
Aantal uren uit bedrijf	207	172,5	123
Aantal storingen	117	85	84
Beschikbaarheid %	97,6	98	98,6

Storingsoverzicht RWM

	1970	1971	1972
Aantal uren uit bedrijf	152	322,5	99
Aantal storingen	94	109	37
Beschikbaarheid %	98,3	96,3	98,9

In de bijgevoegde grafieken wordt, voor datalogger en RWM, een overzicht gegeven van de storingen per maand over 1970, 1971 en 1972.

De opgetreden storingen waren het gevolg van

- Defecten in de hardware van de centrale eenheid.
Deze defecten deden zich verspreid voor over de gehele centrale rekeneenheid.
- Defecten in randapparatuur met bijbehorende koppeling op de centrale rekeneenheid.
- Programma ontwerpfouten.

Daar achteraf niet te zeggen is hoeveel programmastops aan een bepaald defect toegeschreven moeten worden, is een indeling naar aantal storingen niet goed mogelijk.

Fysische meetopstellingen. De thermokoppels en turbine-debiet flowmeter van de geïnstrumenteerde splijtstofbundel bleven correct werken.

Televisiesystemen. Door het ontbreken van een afstandsbesturing voor de positiebepaling van de onderwater televisiecamera bleek het onderwater televisiesysteem zeer kwetsbaar te zijn bij reactorkern- en vatinspecties. Naar aanleiding van de opgedane ervaringen werd het reserve bestand aanzienlijk uitgebreid.

Aan de besturing van de installatie zal nog de nodige aandacht geschonken moeten worden.

Bij de cementeerinstallatie in het afvalgebouw, werd ten behoeve van de afvaldosering een gesloten televisiecircuit aangelegd, om de bediening op afstand te vereenvoudigen. De bedrijfstelevisiecamera in de reactorkamer werd vernieuwd. Deze nieuwe camera raakte echter, waarschijnlijk door de ter plaatse heersende straling, binnen 2 maanden defect.

Hoofddrukregeling. De ombouw van de elektronische apparatuur welke plaats vond ter verbetering van de stabiliteit kwam gereed.

Om een betere stabiliteit te verkrijgen van het hydraulische gedeelte van de hoofddrukregeling, werd de instelling van de stuurschuiven welke de stuuroliedruk bepalen voor de hogedruk regelkleppen gewijzigd. Op deze stuurolieleiding werd om dezelfde reden een ontluuchtingsmogelijkheid aangebracht.

Reactorniveauregeling. Ten gevolge van een grote watersnelheid bij de inlaat van de voedingwaterregelklep en een verkeerde materiaalkeuze voor deze klep, trad zeer ernstige erosie-corrosie op aan het boven- en onderdeksel. De lekkage die hier het gevolg van was, maakte een directe reparatie noodzakelijk, waarbij de centrale in bedrijf werd gehouden over de 10%-voedingwaterklep. De klepdeksels werden opgelast met roestvrijstaal.

Na twee maanden bedrijf bleek het, na inspectie in de stop, nog noodzakelijk een roestvrijstaallaag aan te brengen over de gehele oppervlakte van boven- en onderdeksel, dus ook op die plaatsen die voorheen niet beschadigd werden en ook niet opgelast werden. Juist daar trad opnieuw ernstige corrosie op. Er werd een opdracht gegeven voor levering van een nieuwe geheel roestvrijstalen regelklep met kooi geleiding en grotere doorlaatcapaciteit.

Er werd een extra niveaumeting aangebracht op het reactorvat, waaruit blijkt, dat het niveau ongeveer 40 cm hoger is dan de bedrijfsmeetapparatuur aangeeft. Om dit betrouwbaar te kunnen vaststellen zijn verscheidene experimenten uitgevoerd. De oorzaak van de fout ligt in een ongunstige lay-out van de leidingen en aansluitingen op het vat.

De onrust in de voedingwaterregeling welke zich soms voordoet is gedeeltelijk te wijten aan het incorrect meten van het niveau. Daarbij is ook het regelstaafpatroon van invloed.

De extra niveaumeting zal in de toekomst gebruikt gaan worden voor de voedingwaterregeling.

Reactorbeveiligingssysteem. De splijtstof lekkage monitors, vacuumafgas en schoorsteenmonitors en de periodekanalen werden aan een periodieke controle en afregelbeurt onderworpen.

De aandrijfmechanismen voor de detectoren van de startkanalen werden gereviseerd.

Flux onderdrukkingsschakelingen voor de lineaire kanalen werden aangemaakt. Deze schakeling zal op het moment van een turbinetrip of lastafschakeling in bedrijf komen en daarmee de op dat moment optredende verstoring van het neutronenfluxsignaal dempen.

In verband met de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid, werden de drukgecompenseerde Yarway-niveau aanwijzers vervangen door niet gecompenseerde instrumenten.

Neutronenfluxijksysteem. Met dit systeem werden een aantal moeilijkheden ondervonden.

- Een gedeelte van een activeringsdraad bleef steken in de reactorkern en kon slechts met moeite verwijderd worden.
- De positieindicatie van de kogelkleppen in de reactor-kamer en van de indexer raakte defect. Om het indexer-vat tijdens bedrijf afzonderlijk te kunnen afpersen is een persaansluiting aangebracht, zodat de indexer tijdens bedrijf toegankelijk gemaakt kan worden.
- De detector werd steeds slechter gangbaar in de geleidepijpen. Hierdoor is tenslotte een detector defect geraakt. Een lichte grafiet toevoeging bracht hier een oplossing.

Stralingscontroleapparatuur. De ruimte monitors werden onderworpen aan een functionele test.

Voor gebruik bij werkzaamheden in sterkere stralingsvelden, werd een direct afleesbare integrerende dosismeter gebouwd, waardoor het mogelijk is op afstand de persoonlijk geabsorbeerde dosis te bewaken.

Regelstaafpositieindicatoren. Van een aantal positieindicatoren werd de bedrading vernieuwd, bovendien werd een mantelthermokoppel geïnstalleerd in plaats van de tot nog toe gebruikte open koppels.

Veel glasschakelaars van de positieindicatoren werden vervangen, daar de verende contacten bros waren geworden ten gevolge van radioactieve straling.

5. CHEMISCHE EN RADIOCHEMISCHE BEDRIJFSASPECTEN

5.1. Primair systeem

Het geleidingsvermogen van het reactorwater liep, na de bedrijfsonderbreking in januari-februari 1972, op tot $0,23 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ en na de reactorwaterzuiveringsdemi zelfs tot $0,34 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, dit wees erop dat het mengbed vrijwel geheel beladen was.

In juni is daarom het beladen mengbed uit bedrijf genomen en een onbeladen mengbed in bedrijf genomen.

De standtijd van het uit bedrijf genomen mengbed was van februari 1970 tot juni 1972 in totaal 28 maanden, inclusief de in deze periode voorgekomen bedrijfsonderbrekingen.

Nadat het nieuwe mengbed in bedrijf was genomen daalde het geleidingsvermogen van het reactorwater weer snel tot $0,15 - 0,16 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

De hoeveelheid silikaat in het reactorwater daalde in april 1972 zeer sterk doordat de onderaftap van de reactorwaterzuiveringscyclonen weer in bedrijf werd genomen, waarbij continu $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ reactorwater wordt afgevoerd.

Nadat het nieuwe mengbedfilter in juni in bedrijf werd genomen daalde de hoeveelheid silikaat nog verder om daarna weer te gaan stijgen, vanwege het feit dat het silikaat door het mengbedfilter niet geabsorbeerd wordt, maar hoogstens 2 tot 3 weken vertraagd wordt.

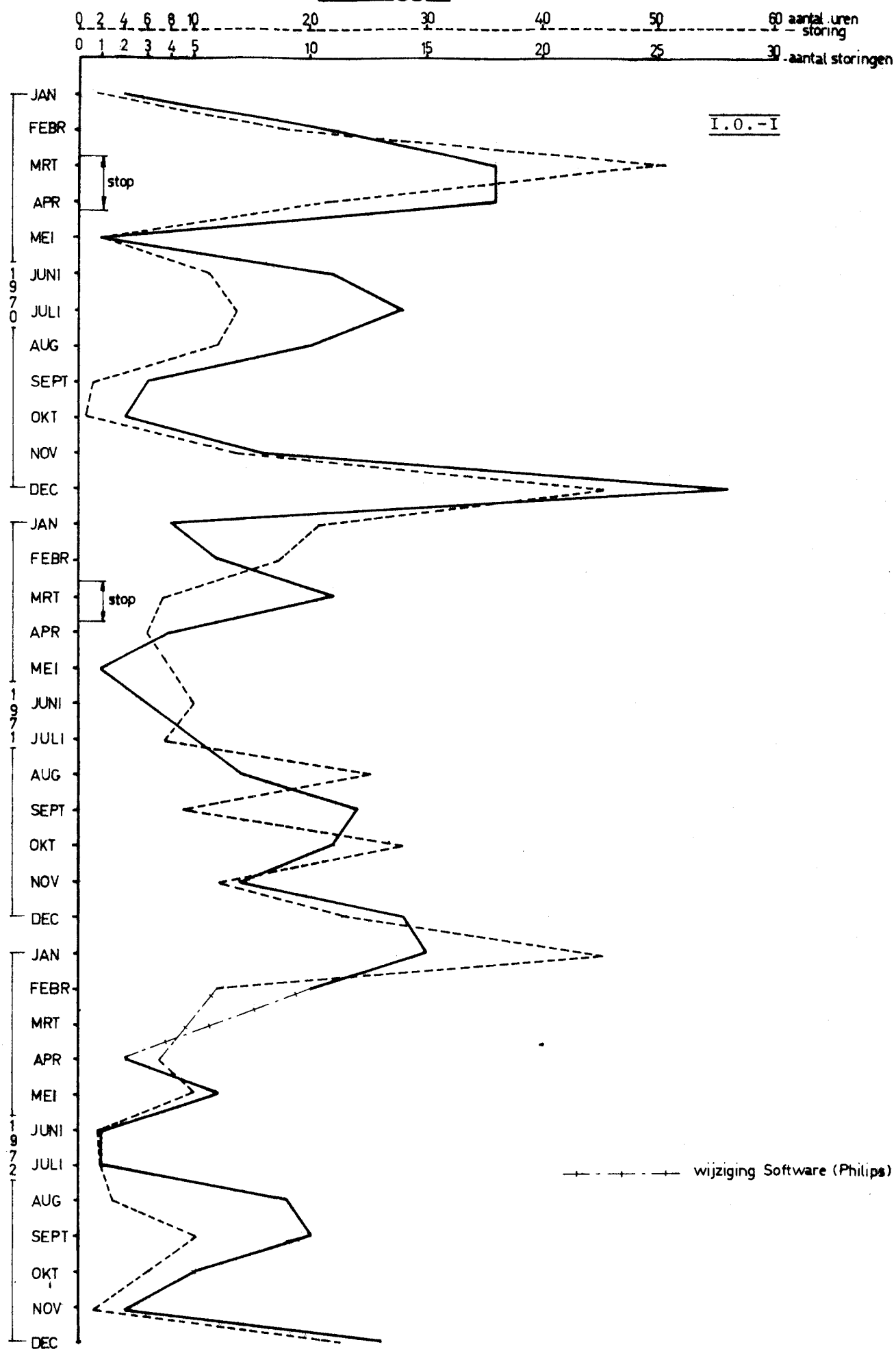
Het transport van ijzeroxiden in het primaire systeem is aan grote variaties onderhevig. Na augustus is een sterke toename te zien in het water voor en na de condensaatreinigingsdemi met een maximum in oktober en daarna een geleidelijke afname.

Te zien is dat gelijk met de verandering van de hoeveelheid voedingwater ook de hoeveelheid ijzeroxiden in het reactorwater stijgt en daalt.

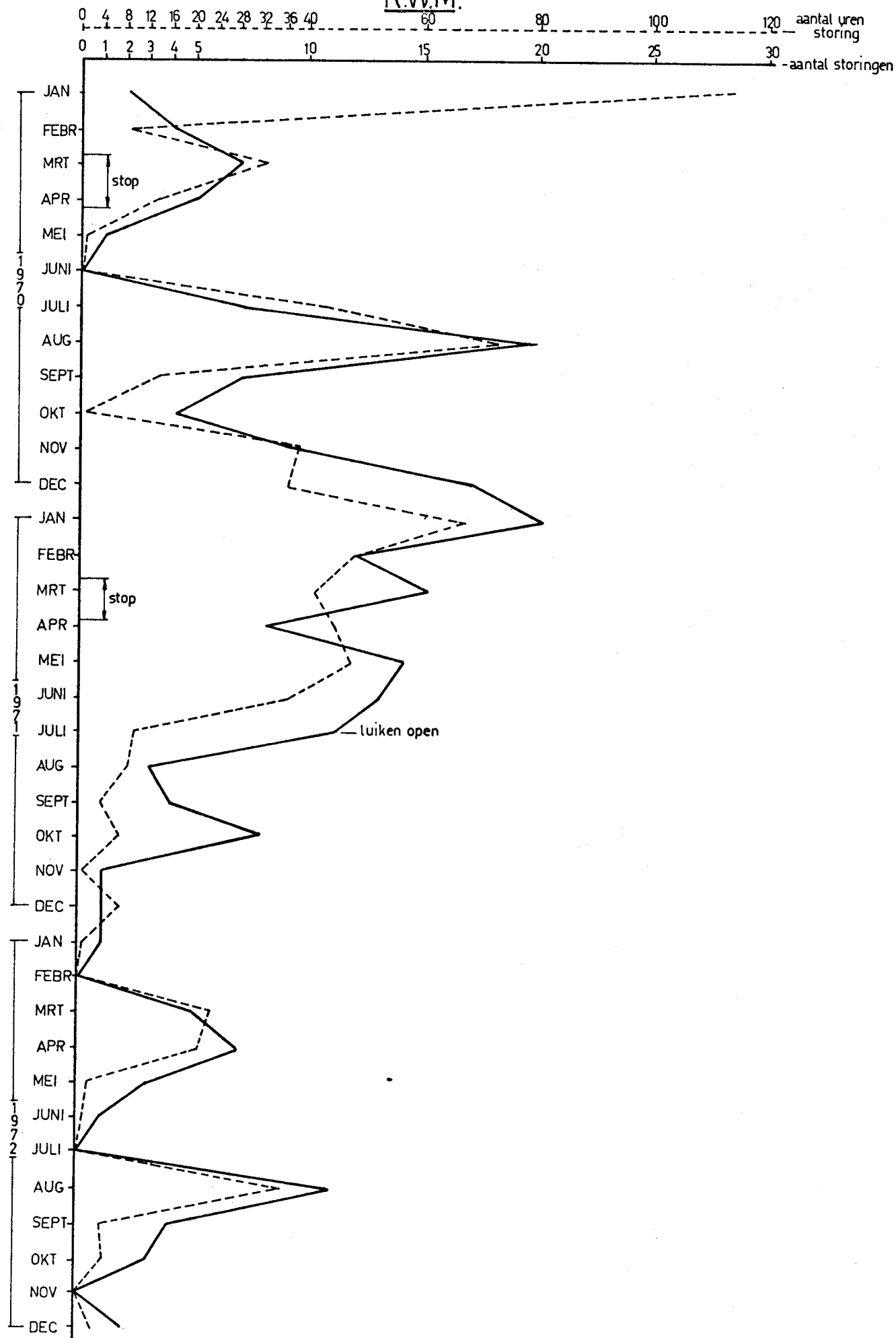
Een verklaring voor de verhoogde aanvoer van ijzeroxiden met het condensaat is moeilijk te geven. Mogelijk bestaat er verband tussen de aanvoer van ijzeroxiden en het verhoogde vermogen waarop de reactor gewerkt heeft in augustus tot en met oktober 1972.

De afgasactiviteit was in het begin van het jaar laag te noemen, doch voor de bedrijfsonderbreking van mei-juni-juli ging deze sterk stijgen. Nadat tijdens de bedrijfsonderbreking een aantal splijtstofelementen verwisseld waren bleek, bij het opstarten, de afgasactiviteit weer aanzienlijk gedaald te zijn. Daarna volgt een sterke stijging met een maximum in oktober, vanwege het verhoogde vermogen van de reactor, gevolgd door een daling. Na een korte bedrijfsonderbreking in december vertoont de afgasactiviteit weer een aanzienlijke stijging.

- Datalogger -



-R.W.M.-



De activiteit van het water in het primaire systeem was alleen onderhevig aan kleine veranderingen, dit in tegenstelling tot de stoom, waarvan de activiteit hoger werd door de verhoogde productie van gasvormige splijtingsproducten door de splijtstofelementen, hetgeen ook te zien is aan de afgasactiviteit.

In onderstaande tabel wordt de isotopensamenstelling van het reactorwater en het afgas gegeven. Hierin worden echter alleen de in 1972 gemeten minimum en maximum activiteiten vermeld.

Isotopensamenstelling reactorwater en afgas

reactorwater in $\mu\text{Ci.ml}^{-1}$			afgas in $\mu\text{Ci.ml}^{-1}$		
isotoop	min.	max.	isotoop	min.	max.
Mo-99	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	Kr-85 ^m	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-1}$
Tc-99 ^m	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-3}$	Kr-87	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$
Mo-101	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$	Kr-88	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-1}$
Tc-101	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	Xe-133 ^m	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$
J-131	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	Xe-133	$5,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-1}$
J-132	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$	Xe-135 ^m	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-1}$
J-133	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	Xe-135	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-1}$
J-134	$9,9 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	Xe-137	$5,9 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-1}$
J-135	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	Xe-138	$4,9 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^0$
Np-239	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$			
totaal J			totaal Xe+Kr		
$\mu\text{Ci.ml}^{-1}$	$1,53 \cdot 10^{-2}$	$3,74 \cdot 10^{-2}$	$\mu\text{Ci.ml}^{-1}$	$1,42 \cdot 10^{-1}$	$3,98 \cdot 10^0$

Bij de isotopen van het reactorwater blijkt dat de verhouding tussen de minimaal en maximaal gemeten activiteit een factor 2-3 bedraagt. Uitgezonderd J-131 waar de verhouding een factor 15 en Np-239 waar de verhouding een factor 30 bedraagt. Bij het afgas varieert de verhouding van de minimale en maximale activiteit der isotopen tussen 5-90.

5.2. Meetprogramma aan de cyclonen in het reactorwater-
zuiveringssysteem

Van 1 tot en met 12 september 1972 werden monsters van het voedingwater, voor en na de cyclonen en van de onder-aftap van de multicyclonen van het reactorwaterzuiverings-systeem genomen.

Dit onderzoek had tot doel om een beter inzicht te krijgen in het transport van gesuspendeerde ijzeroxiden met het voedingwater naar het reactorvat, het transport van deze ijzeroxiden vanuit het reactorvat naar het reactorzuiverings-systeem en de afscheiding van deze ijzeroxiden door de cyclonen.

Daartoe werden bij de monsterpunten, puntmonsters, membraamfilters en filtraatmonsters genomen voor chemisch onderzoek, daarnaast werden ook membraamfilters genomen voor optisch onderzoek. Het optische onderzoek is door het chemisch laboratorium van de KEMA uitgevoerd.

Om zo weinig mogelijk variaties in het transport van de gesuspendeerde ijzeroxiden te krijgen werd geprobeerd om de bedrijfsomstandigheden van het primaire systeem enige tijd voor en tijdens de monsternamen zo constant mogelijk te houden.

Om geen grote afwijkingen te krijgen bij de monsternamen bleven de monsterafsluiters gedurende de gehele periode geopend zodat er continu een debiet van ongeveer 60 l.h^{-1} door de monsterleidingen stroomde. Om voor het erin leggen en eruit halen van het membraamfilter de monsterafsluiter niet te hoeven sluiten en om daarbij zoveel mogelijk drukvariaties in de monsterleidingen te vermijden, is een monsternamen apparaat gemaakt waarmee dat mogelijk was.

Als voorlopige conclusie, uit de analyseresultaten, kan gesteld worden dat de ijzerconcentratie in het reactorwater een factor 20 lager is dan, uitgaande van de concentratie in het voedingwater, zou kunnen worden verwacht. Dit wijst op een afzetting van oxiden in de reactor van 95% van de aanvoer.

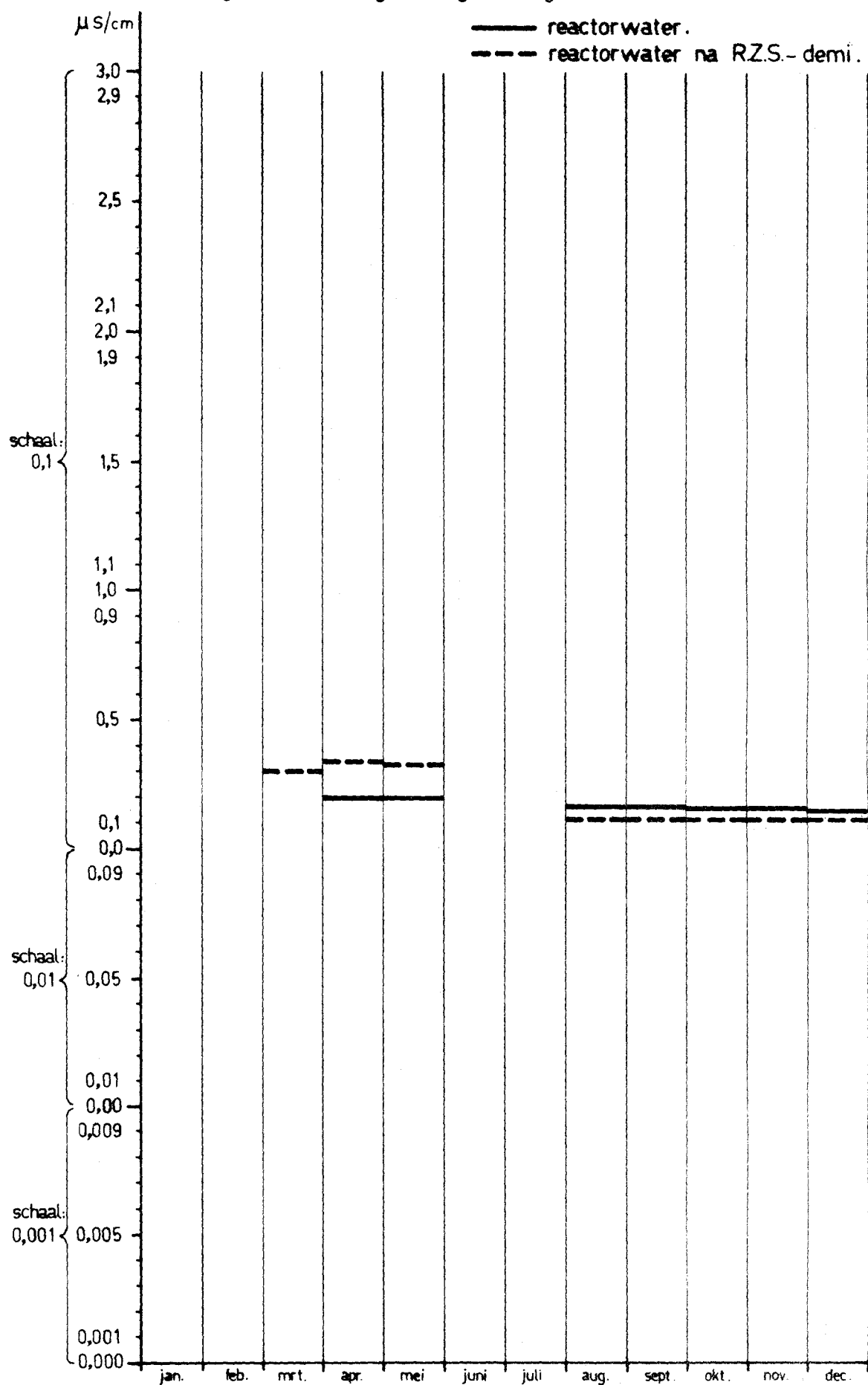
In de watersoorten die gemonsterd werden komen per uur sterke fluctuaties van het ijzergehalte voor.

De d_{50} -waarde van de reactorwaterzuiverings-cyclonen is ongeveer $1 \mu\text{m}$.

De afscheidende werking van de cyclonen is, volgens de nu gevonden analyseresultaten, circa 10%. Deze lage afscheidingsgraad wordt veroorzaakt door de fijnheid van de deeltjes in het reactorwater, die volgens deze metingen een gemiddelde diameter hebben van minder dan $0,5 \mu\text{m}$.

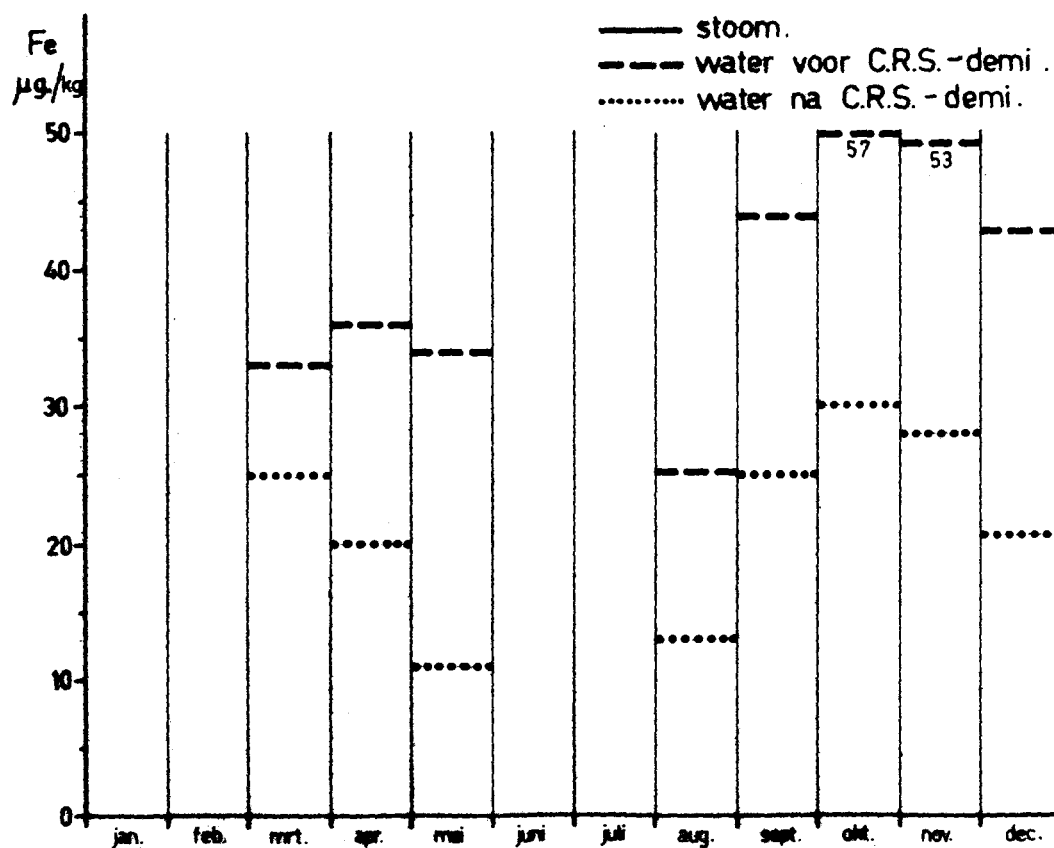
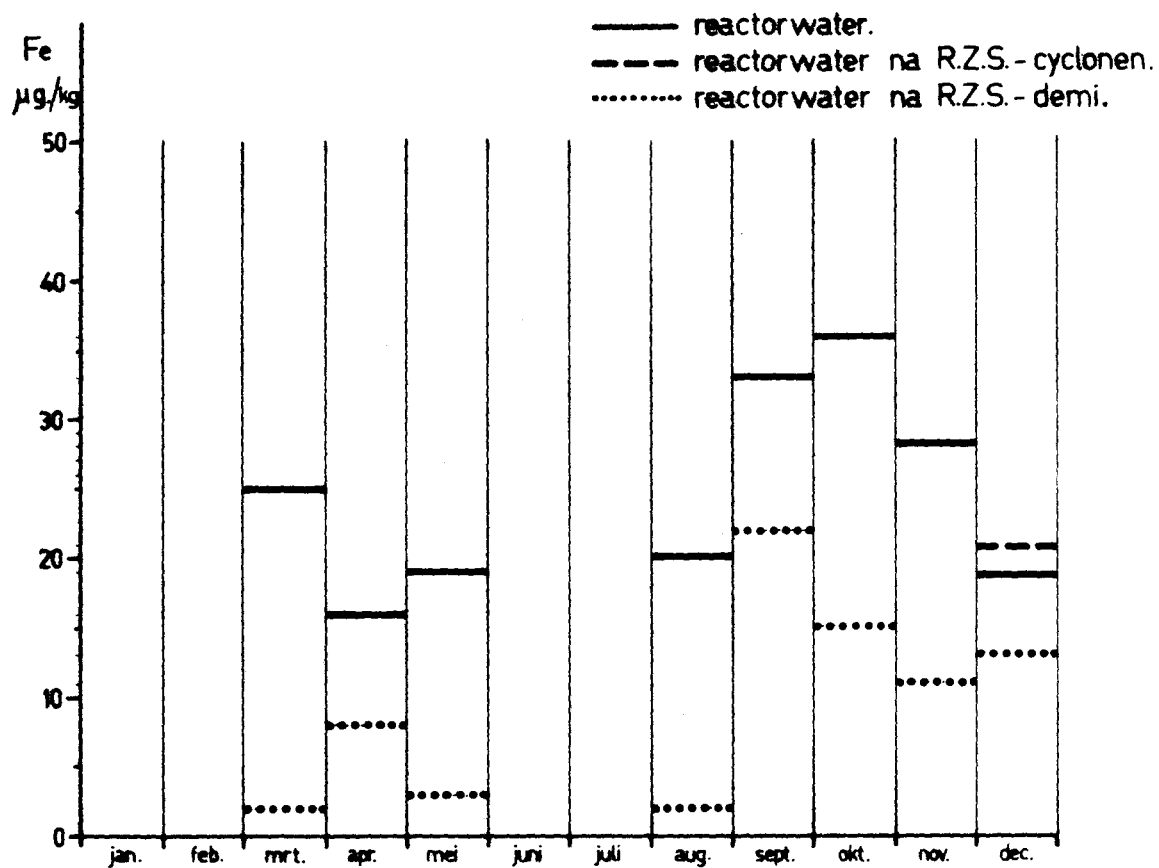
CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM.

maandgemiddelden geleidingsvermogen in 1972.



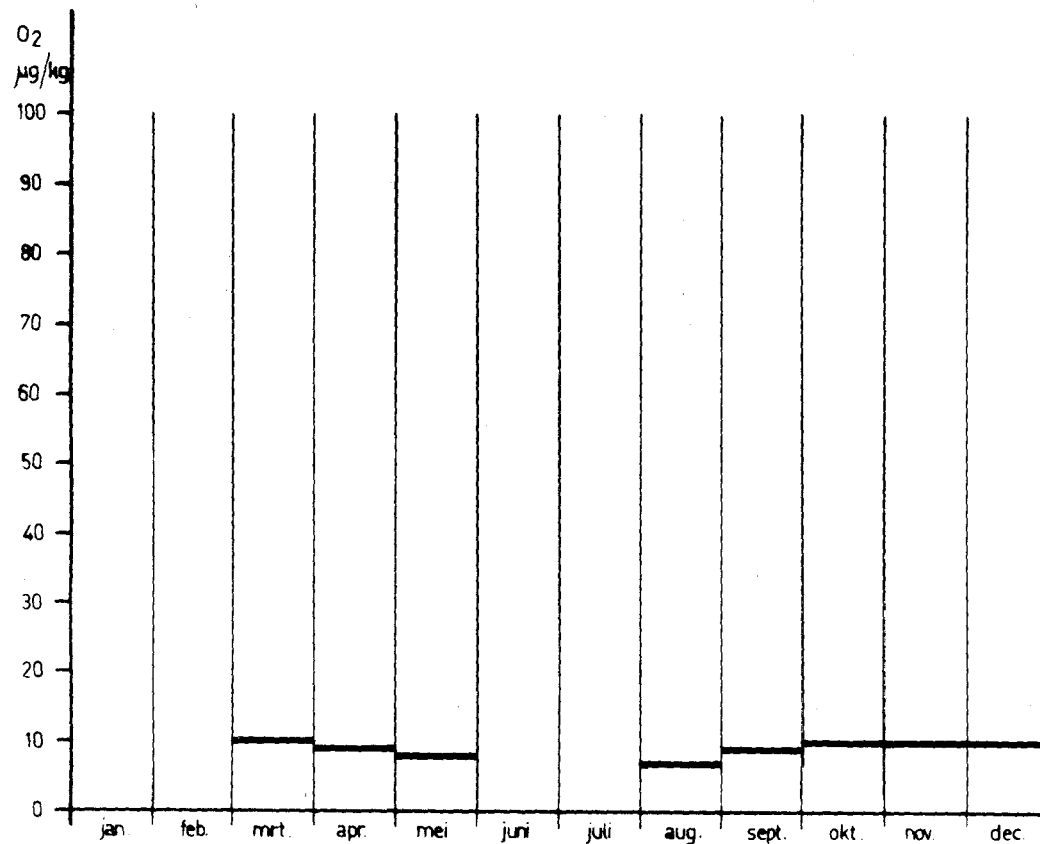
CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM.

maandgemiddelden Fe - (ijzer) gehalte van het water in 1972.

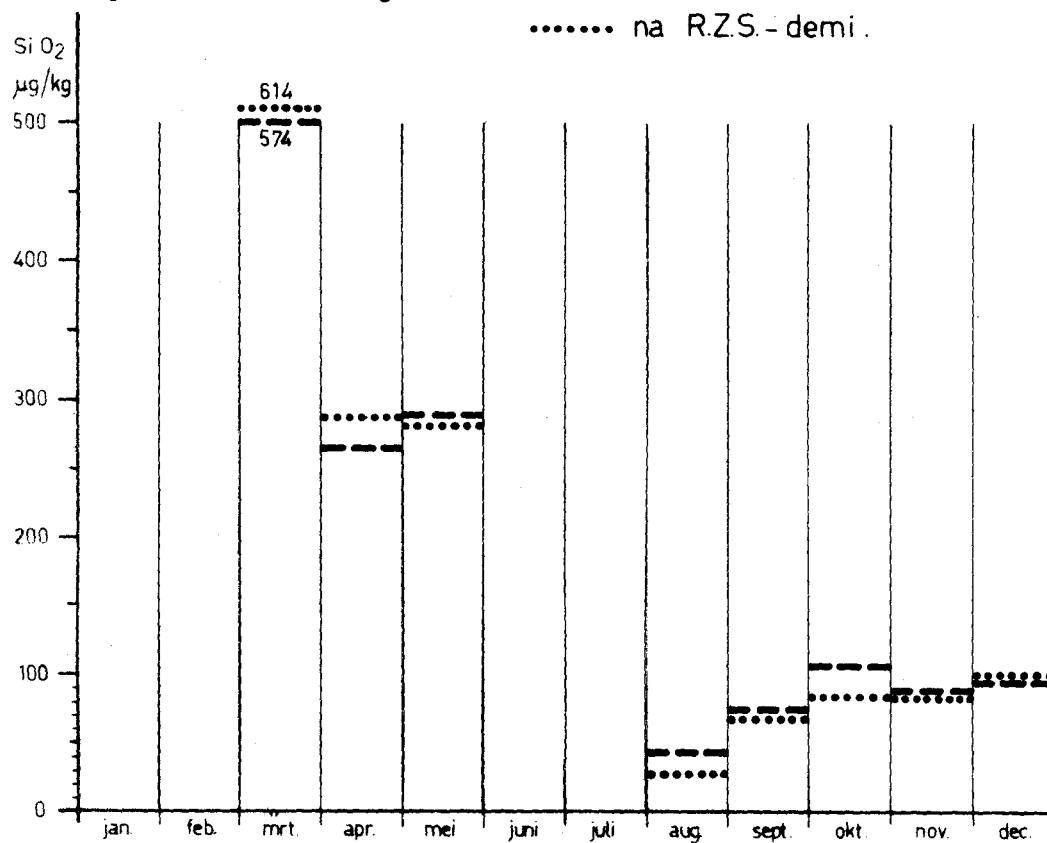


CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM 1972 ^{Chemie-III}

maandgemiddelde O₂ - gehalte : — voor C.R.S.-demi.

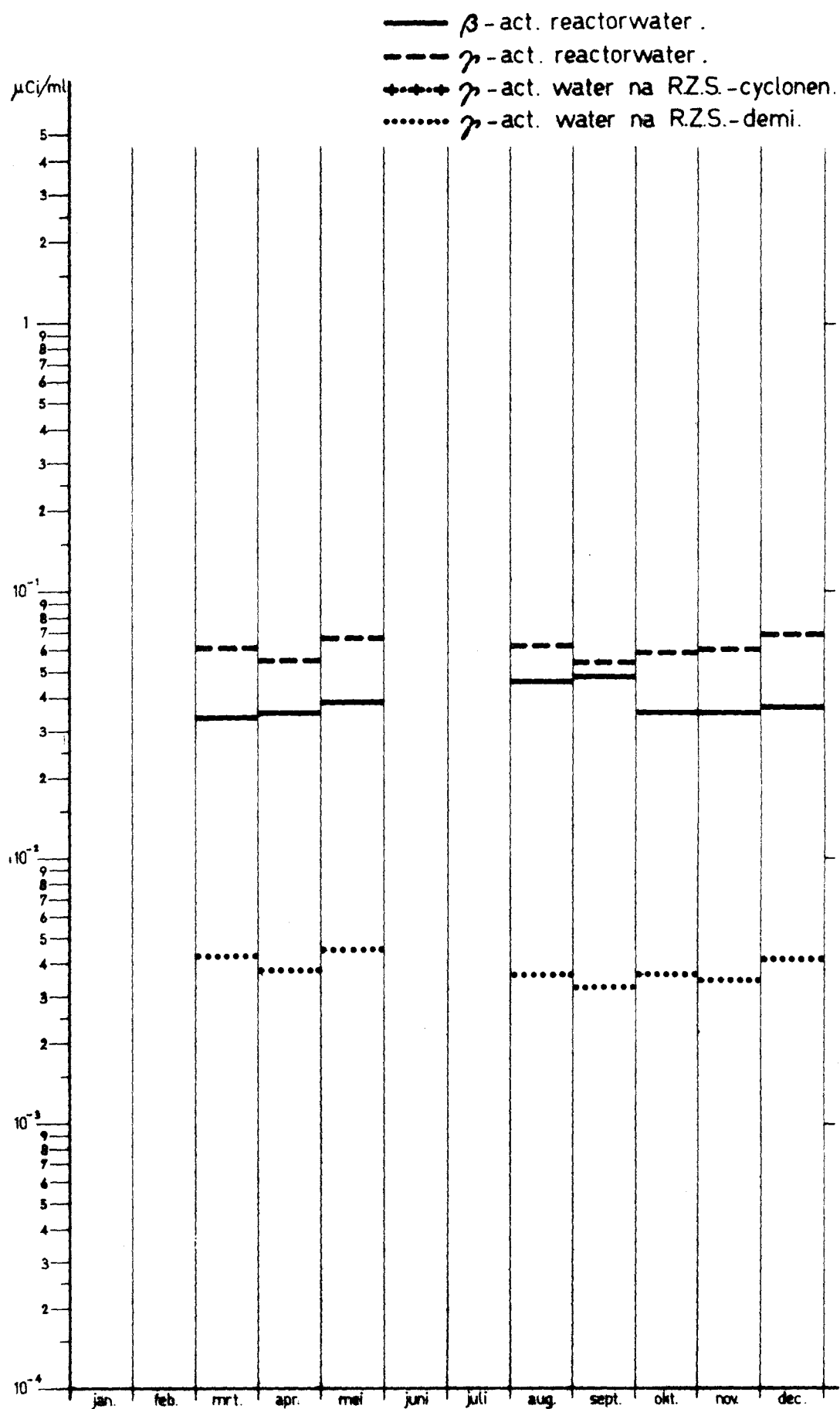


maandgemiddelde Si O₂-gehalte: --- reactorwater.
 na R.Z.S.-demi.



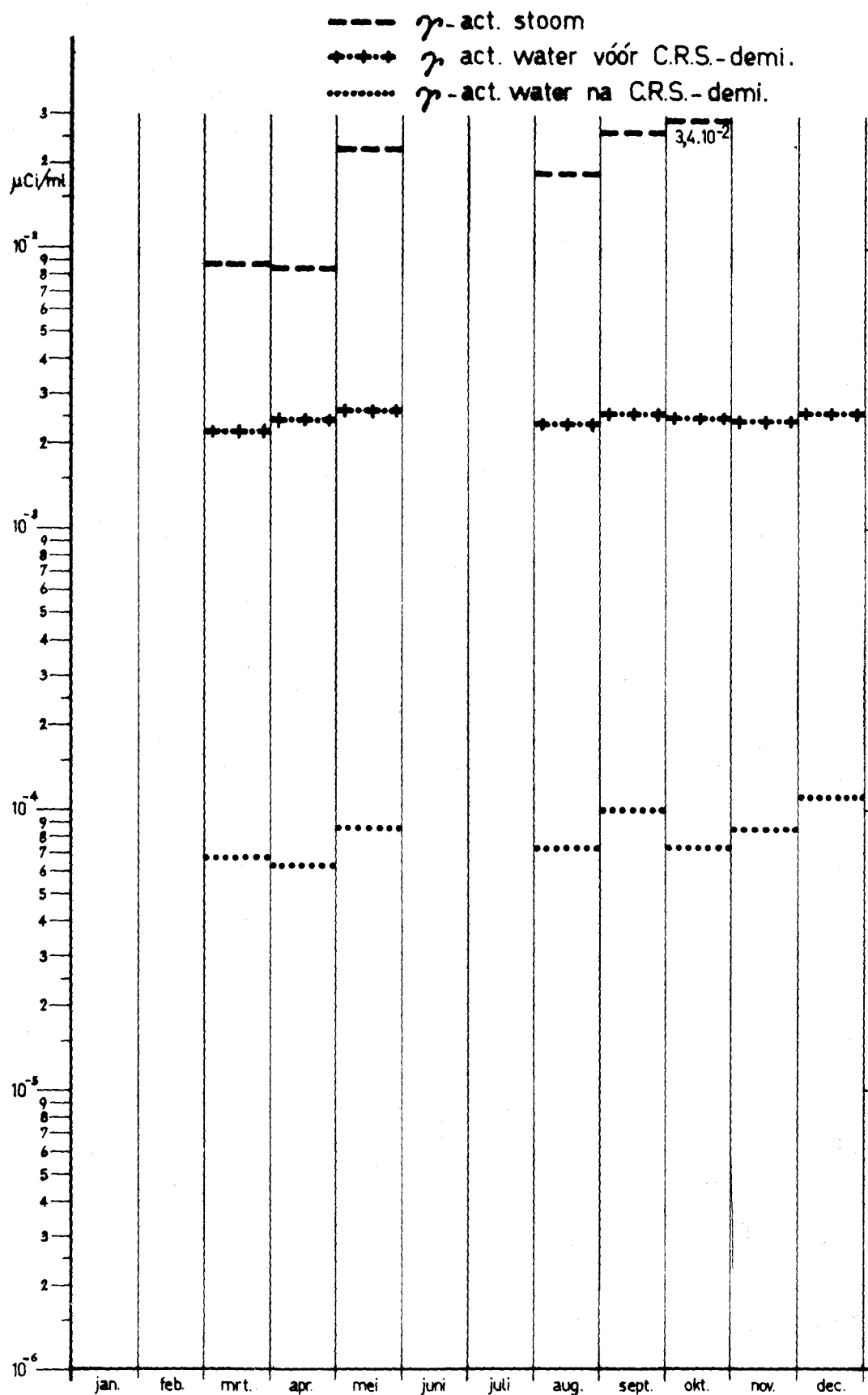
RADIOCHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM

maandgemiddelden β - en γ -activiteit van het reactorwater, en
reactorwaterzuiveringssysteem in 1972.

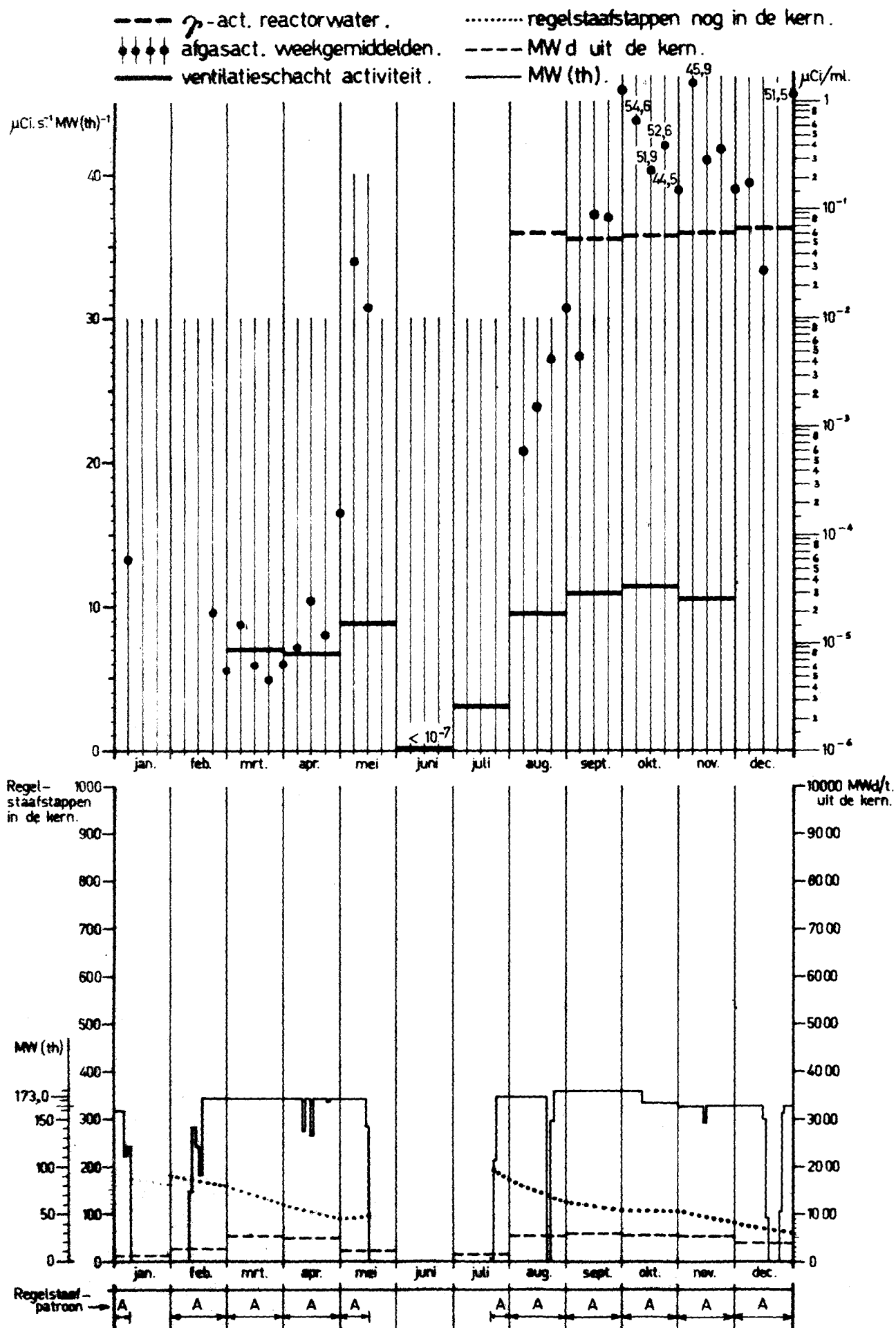


RADIOCHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN HET PRIMAIR SYSTEEM

maandgemiddelden β - en γ - activiteit van de stoom, en het stoomcondensaatsysteem in 1972.



AFGASACTIVITEIT / BEDRIJFSTOESTAND 1972



5.3. Waterhuishouding

Uit bijgaande tabel van de waterhuishouding blijkt dat de totale hoeveelheid water die jaarlijks geloosd wordt ongeveer 5200 - 5700 m³ bedraagt.

Het aantal bedrijfsonderbrekingen en de lengte daarvan is van in vloed op dit totaal, daar in 1972 2100 m³ oftewel 40% van het water tijdens deze periodes geloosd is.

In de tabel is verder te zien dat in 1972 meer water geloosd is via het waswaterbehandelingssysteem en veel minder via het vloerwaterbehandelingssysteem dan in voorgaande jaren.

Dit is verklaarbaar daar in 1972 vrij veel water niet rechtstreeks geloosd werd via het desbetreffende systeem maar eerst werd ingedampt, waarbij het condensaat van de indamper vanwege het te hoge geleidingsvermogen niet meer in het systeem gesuppleerd werd maar geloosd werd via het waswaterbehandelingssysteem.

De in 1972 totaal geloosde hoeveelheid activiteit bedroeg ruim 2 Curie, hiervan kwam ongeveer 25% voor rekening van het water dat geloosd is via het afvalchemicaliënbehandelingssysteem. De gemiddelde activiteit van het via dit systeem geloosde water lag ook ruim een factor 3 hoger dan de gemiddelde activiteit van het water geloosd door alle systemen tezamen.

Verder werd ruim 1,4 Curie geloosd via het vloerwaterbehandelingssysteem.

Tijdens de bedrijfsonderbrekingen in 1972 werd ongeveer 0,75 Curie aan activiteit geloosd, dit is ruim 35% van de totale geloosde activiteit.

totaal in 1972			
	m ³	µCi	µCi.ml ⁻¹
Geloosd via VWB-T2	2.712	1.408.512	5,2.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB-T3	2.160	98.926	4,6.10 ⁻⁵
Geloosd via ACB-T2	414	496.278	1,2.10 ⁻³
Geloosd via ACB-T5	25	25.675	1,0.10 ⁻³
Totaal geloosd	5.311	2.029.391	3,8.10 ⁻⁴

totaal in 1971			
	m ³	µCi	µCi.ml ⁻¹
Geloosd via VWB-T2	3.384	1.203.728	3,6.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB-T3	1.446	155.944	1,1.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T2	420	237.762	5,7.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T5	---	---	---
Totaal geloosd	5.250	1.597.434	3,0.10 ⁻⁴

totaal in 1970			
	m ³	µCi	µCi.ml ⁻¹
Geloosd via VWB-T2	4.309	2.041.199	4,7.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB-T3	1.120	141.735	1,3.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T2	258	139.614	5,4.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T5	---	---	---
Totaal geloosd	5.687	2.322.548	4,1.10 ⁻⁴

VWB-T2 = vloerwaterbehandelingssysteem tank 2
 WWB-T3 = waswaterbehandelingssysteem tank 3
 ACB-T2 = afvalchemicaliënbehandelingssysteem tank 2
 ACB-T5 = afvalchemicaliënbehandelingssysteem tank 5.

Om een indruk te krijgen welke hoeveelheden water en daarbij behorende activiteiten geproduceerd werden tijdens de bedrijfszonderbrekingen van januari-februari 1972, mei-juni-juli 1972, maart-april 1971 en maart-april-mei 1970, worden de gegevens daarvan nog eens apart vermeld.

Chemie-6

januari-februari 1972

	m ³	μCi	μCi.ml ⁻¹
Geloosd via VWB-T2	696	324.636	4,7.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB-T3	384	24.297	6,3.10 ⁻⁵
Geloosd via ACB-T2	---	---	---
Geloosd via ACB-T5	---	---	---
Totaal geloosd	1.080	348.933	3,2.10 ⁻⁴

mei-juni-juli 1972

	m ³	μCi	μCi.ml ⁻¹
Geloosd via VWB-T2	396	178.284	4,5.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB-T3	462	31.101	6,7.10 ⁻⁵
Geloosd via ACB-T2	210	181.578	8,6.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T5	19	11.575	6,1.10 ⁻⁴
Totaal geloosd	1.087	402.538	3,7.10 ⁻⁴

maart-april 1971

	m ³	μCi	μCi.ml ⁻¹
Geloosd via VWB-T2	984	284.229	2,9.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB-T3	300	26.319	0,9.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T2	144	84.504	5,9.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T5	---	---	---
Totaal geloosd	1.428	395.052	2,8.10 ⁻⁴

maart-april-mei 1970

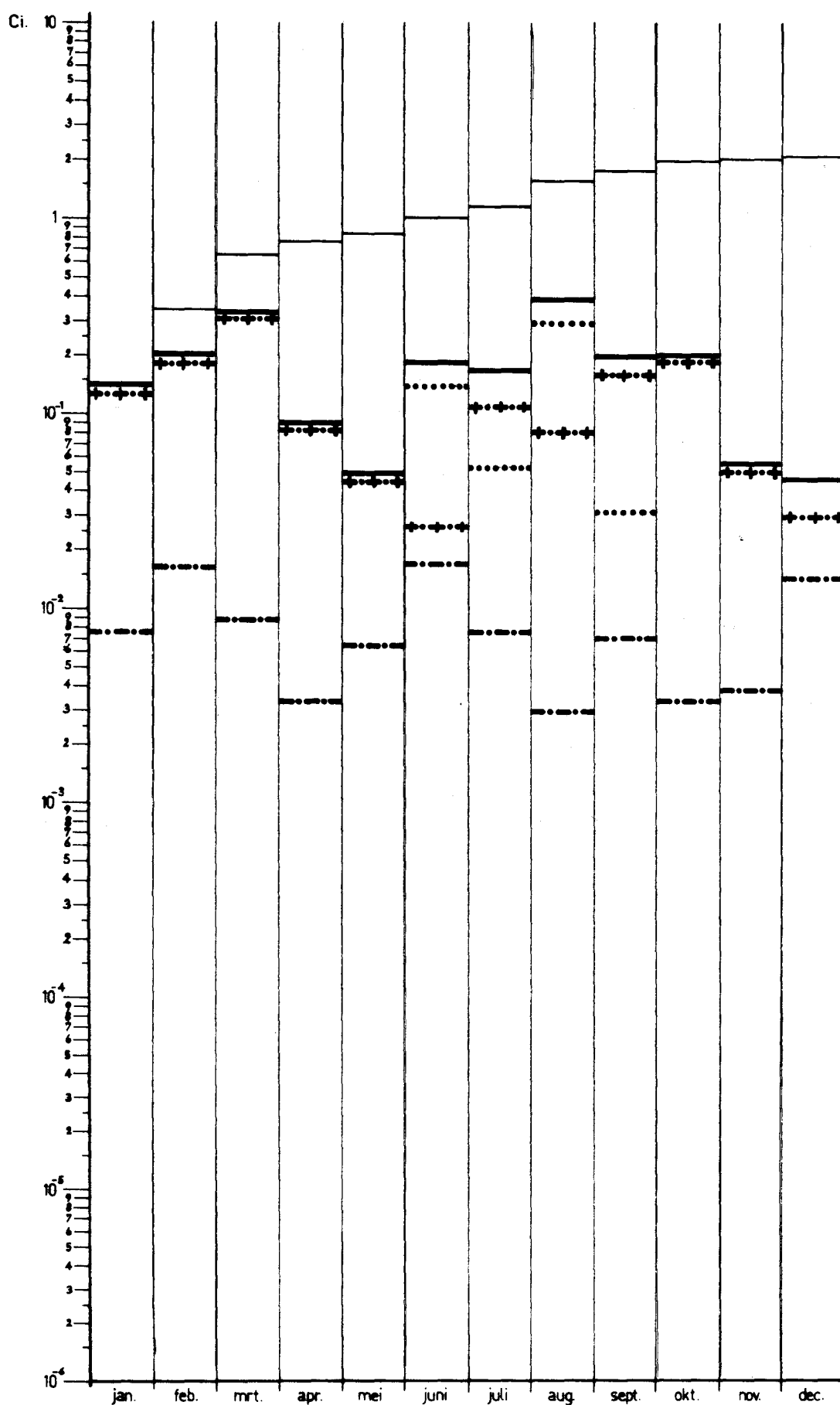
	m ³	μCi	μCi.ml ⁻¹
Geloosd via VWB-T2	1.513	728.443	4,8.10 ⁻⁴
Geloosd via WWB-T3	375	82.283	2,2.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T2	81	37.878	4,7.10 ⁻⁴
Geloosd via ACB-T5	---	---	---
Totaal geloosd	1.969	848.604	4,3.10 ⁻⁴

5.4. Chemicaliënverbruik

				totaal		
				1972	1971	1970
1. Suppletiewaterdemi- installatie (SWD)	a. NaOH 33%	kg		1920	2421	2304
	b. H ₂ SO ₄ 96%	kg		1880	2220	2356
	c. ionenuitwis- selaarhars	1		0	0	0
2. Condensaatreini- gingssysteem (CRS)	a. NaOH 33%	kg		546	1092	546
	b. H ₂ SO ₄ 96%	kg		288	576	288
	c. anionuitwis- selaarhars	1		100	200	150
	d. kationuitwis- selaarhars	1		0	0	0
3. Reactorwaterzuive- ringssysteem (RZS)	a. anionuitwis- selaarhars	1		850	0	1300
	b. kationuitwis- selaarhars	1		1410	0	2700
	c. precoat	kg		8	1	8
4. Lichtverontreinigd afvalwaterbehande- lingssysteem (LVA)	a. NaOH 33%	kg		546	819	2183
	b. H ₂ SO ₄ 96%	kg		288	432	1152
	c. anionuitwis- selaarhars	1		200	200	250
	d. kationuitwis- selaarhars	1		300	150	300
	e. precoat	kg		57	107	95
5. Splijtstofopslag- bassin (SBK)	a. precoat	kg		67	65	52
6. Neutronengiftank (NGS)	a. boorzuur	kg		0	0	0
	b. borax	kg		0	0	0
7. Vloerwaterbehande- lingssysteem (VWB)	a. precoat	kg		26	62	422
Totaal						
	NaOH 33%	kg		3012	4332	5033
	H ₂ SO ₄ 96%	kg		2456	3228	3796
	precoat	kg		158	235	577

LOZINGSACTIVITEITEN 1972 (blad 1.)

- - - - - W.W.B. geloosde act./mnd. ——— geloosde act. naar de Waal/mnd.
 + + + + + V.W.B. geloosde act./mnd. ——— geloosde act. naar de Waal vanaf 1 jan.'72.
 A.C.B. geloosde act./mnd.



6. STRALINGSCONTROLEDIENST

Externe aspecten. Evenals in voorgaande jaren is de geloosde hoeveelheid radioactieve stoffen via de ventilatieschacht naar de omgeving ver beneden de toelaatbare lozingslimiet van 10 millicurie per seconden gebleven, namelijk voor edelgassen meer dan een factor 10 en voor stof en halogenen meer dan een factor 10^5 .

Er is 2,03 curie radioactiviteit met het afvalwater naar de Waal geloosd. De wettelijke limiet is 2,60 curie.

Overzicht naar de Waal geloosde activiteit:

jaar	1972	1971	1970	1969
activiteit (Ci)	2,03	1,60	2,33	0,5

Zowel voor wat betreft de luchtstofactiviteit als voor de exposiesnelheid van de omgeving is door de N.V. KEMA, die de omgevingsmetingen verzorgt, geen verhoging aangetoond. Dit geldt ook voor de radioactiviteit in het oppervlaktewater, het Jodium-131 gehalte in de melk en de activiteit in het gras.

Ten gevolge van de verwerking van vast radioactief afval was er op ons eigen terrein, gedurende de maanden april, mei en juni, een steeds groeiende voorraad van met beton en afval gevulde stalen vaten. Deze tijdelijke opslag veroorzaakte wel een verhoging van de waarde van het exposietempo op het eigen terrein, zoals dat routinematig wordt gemeten ten behoeve van de omgevingsmetingen.

Na afvoer van de meer dan 600 vaten daalde het niveau weer naar de gebruikelijke waarden.

Interne aspecten. De stralingsbelasting van eigen personeel en derden is in 1972, door onvoorziene werkzaamheden, relatief hoog geweest.

De twee grote stopperiodes, waarin overgangsstukken aan het reactorvat werden onderzocht en gerepareerd, alsmede de verwerking van vast afval waren hiervan de voornaamste oorzaken.

De ontvangen doses, in Rem, waren:

	1972	1971	1970	1969
GKN-personeel	123,5	187,7	103,3	58,3
Derden	220,2	184,7	52,6	12,8
	-----	-----	-----	-----
Totaal	343,7	372,4	155,9	71,1

In bijgaande tabel is de totaal opgelopen dosis verdeeld naar groepen en de maanden van het jaar. De grote onderhoudsperiodes vielen in januari/februari, splijtstofwisselen en reparatie van het overgangsstuk bij reactorvatstomp N25, en in mei/juni/juli, inspecties van overgangsstukken, gevolgd door splijtstofwisselen en reparatie van het overgangsstuk bij stomp N19.

Het aantal GKN-medewerkers, gecorrigeerd voor langdurig zieken en vrijwilligers, was 62.

De gemiddelde dosis per man was 1 990 mR.

Gemiddelde doses in Rem:

Jaar	W.O.	E.O.	I.O.	Corvee	Wacht	SCD + Chemie	Totaal
1969	1,29 (6)	0,54 (4)	1,22 (5)	0,92 (4,5)	0,88 (27)	0,56 (3)	0,92 (49,5)
1970	2,75 (6)	0,92 (4)	1,74 (6)	1,37 (6)	1,90 (27)	1,05 (4,5)	1,68 (53,5)
1971	3,36 (6)	2,28 (4)	3,30 (6)	2,14 (4,5)	3,20 (27,5)	1,69 (5)	2,76 (53)
1972	3,25 (6)	1,47 (4)	2,46 (6)	2,53 (5,5)	1,67 (27)	1,87 (4,5)	2,03 (53)

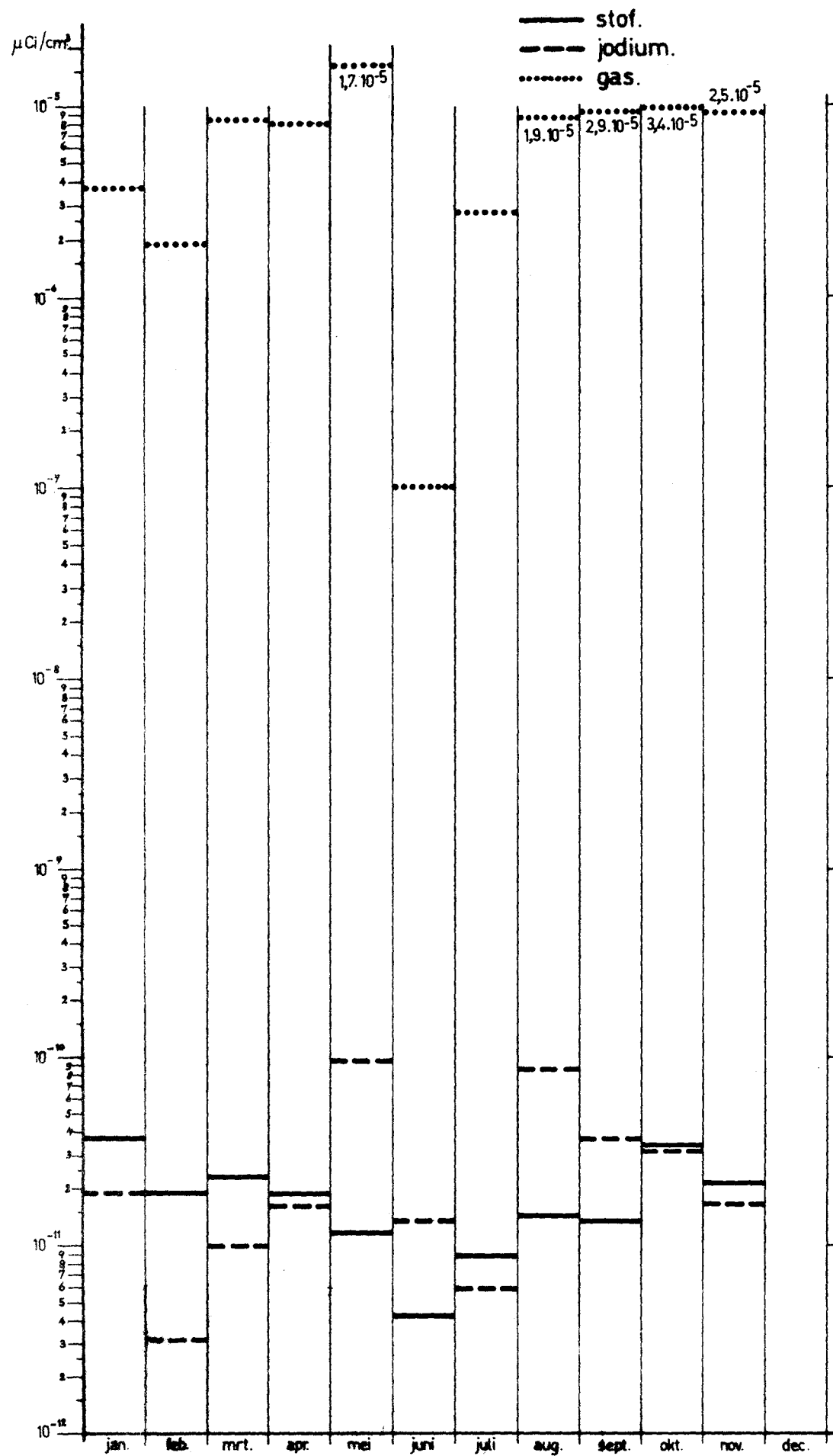
Hierboven is evenals in voorgaande jaren de stralenbelasting van de verschillende groepen per man uitgezet in Rem. Tussen haakjes staat de gemiddelde bezetting voor de groep.

In 1972 ontvingen 621 derden in totaal 220 Rem, dus gemiddel 354 mRem per man.

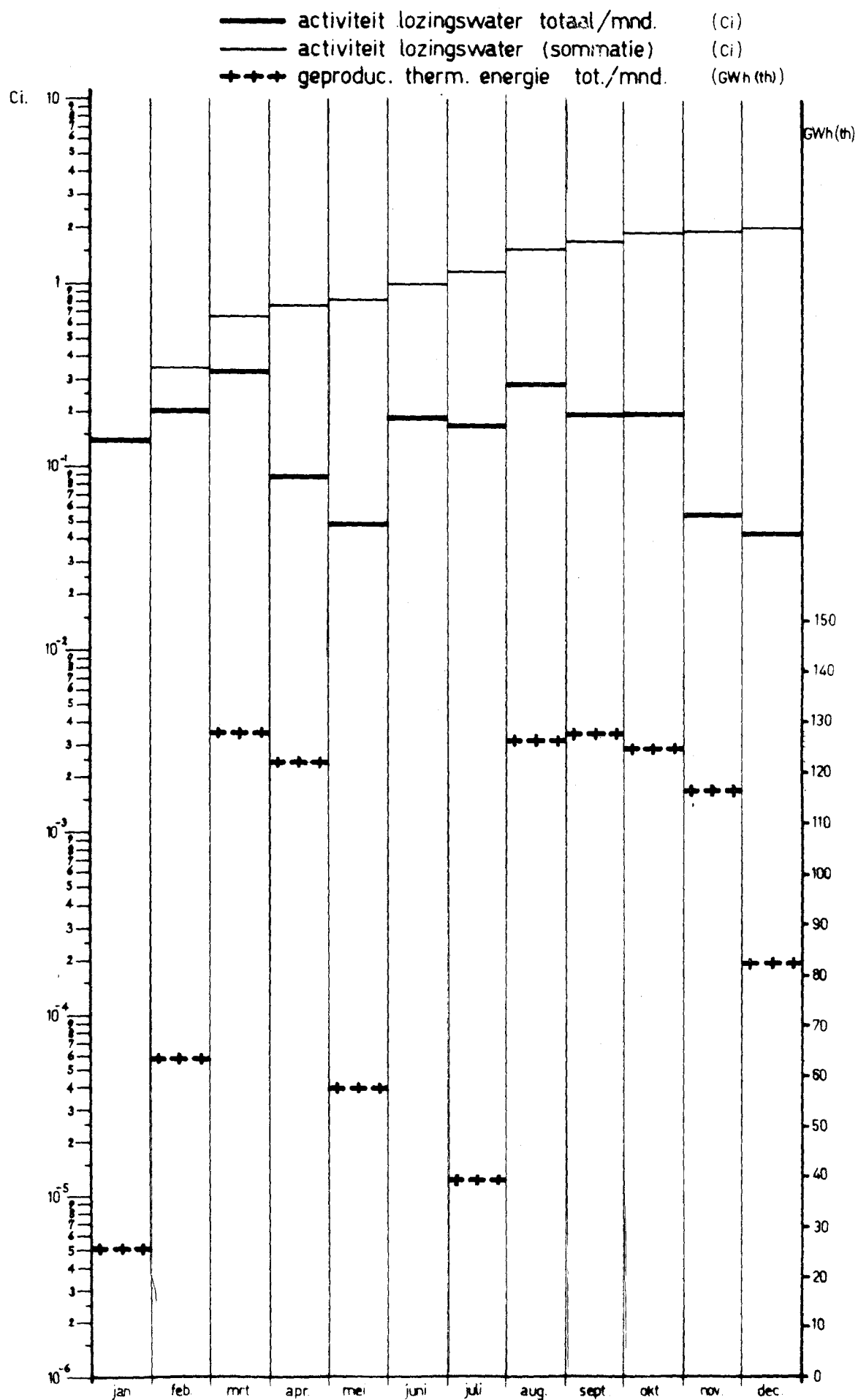
In figuur SCD-IV is de stralingsbelasting gemiddeld per groep/per man uitgezet voor het wachtpersoneel, de onderhoudsdiensten en de corveedienst.

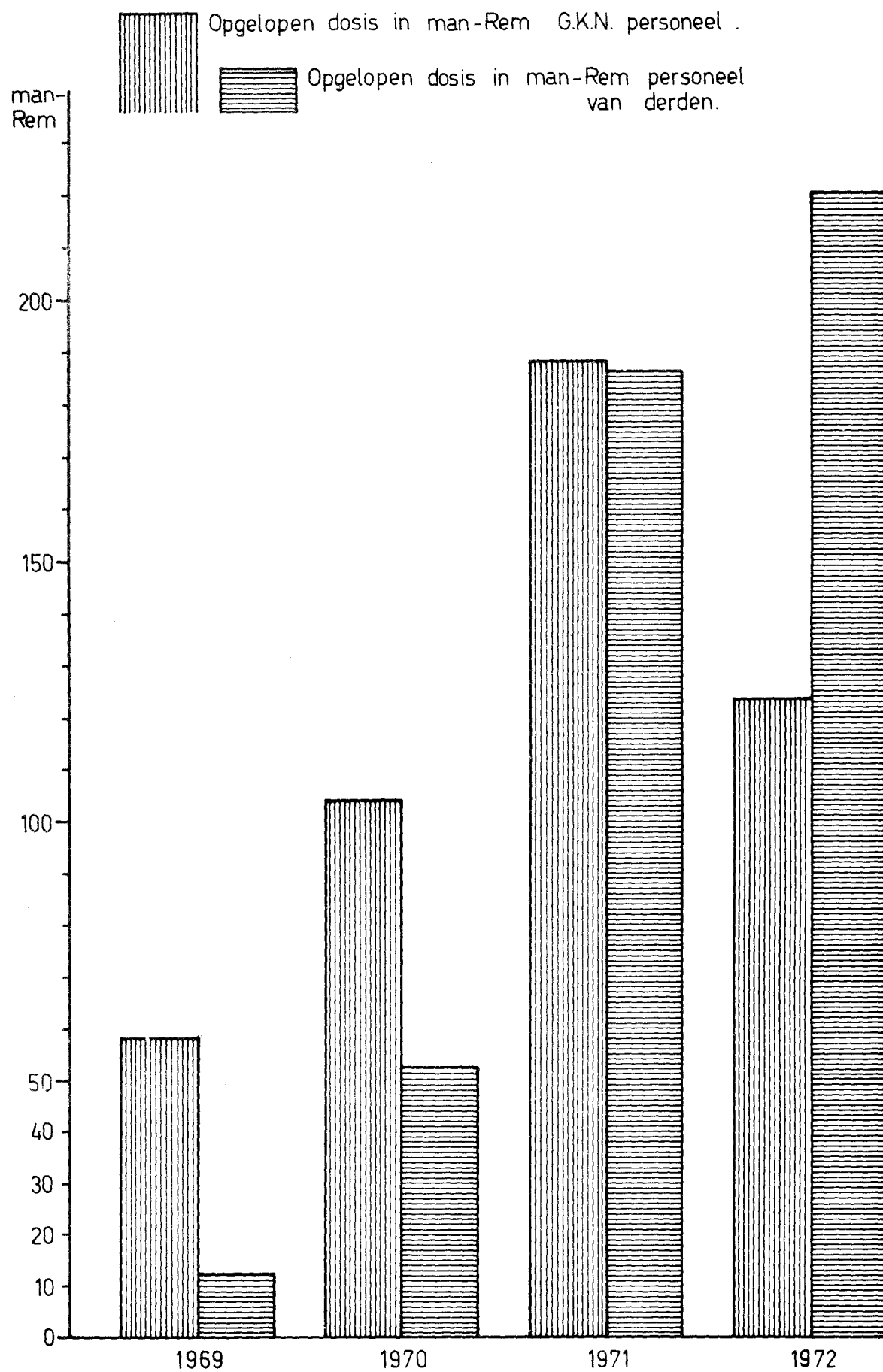
Figuur SCD-V geeft de dosisverdeling van het GKN-personeel over 1972, het betreft 53 personen.

VENTILATIESCHACHT - LOZINGSACTIVITEIT 1972.



LOZINGSACTIVITEITEN 1972. (blad 2)





Dosis in Rem per groep en per maand over 1972.

	januari februari	maart	april	mei juni juli	augus- tus	septem- ber	okto- ber	novem- ber	decem- ber	totaal 1972
GKN-personeel + volontairs	40,66	4,53	5,44	48,01	4,42	4,88	6,18	5,75	3,66	123,53
Derden RDM + RSMB	32,595		74,629		0,809		0,027			108,060
KEMA	20,287		15,226		1,516		2,905			39,934
Overigen	38,610		28,900		2,423		2,254			72,187
Totaal	91,492		118,755		4,748		5,186			220,181
Alle personen samen	136,68		172,20		14,05		20,87			343,81

De begeleiding van de beide grote reparaties vormde een extra belasting voor de stralingscontroledienst. Werkers die aan de hoogste exposietempi waren bloot gesteld (tot 2,5 Rem per uur) werden allen voorzien van meerdere pendosimeters en een filmbadge.

De pennen werden verdeeld al naar de omstandigheden; veel voorkomend was: een pen in de laars, een pen op het lichaam en een pen op het hoofd, dit laatste in verband met de dosis op de ooglenzen. Er werd bovendien veel gebruik gemaakt van TLD-schijfjes die, in pleister verpakt, op diverse plaatsen van het lichaam, vooral op de handen, werden gedragen.

In vele gevallen werd bovendien gebruik gemaakt van een van het RCN geleend apparaat, waarbij de man een opnemer in de zak draagt, die via een lange kabel verbonden is met het toestel, waarop buiten het stralingsveld zowel exposie als exposietempo is af te lezen.

Hierdoor werd een vlottere gang van zaken bereikt.

Vooral bij de reparatie in juni, van het overgangsstuk aan stomp N19 van het reactorvat, bleek het mogelijk de dosis van het gekwalificeerde personeel, zoals lassers, te verlagen door na elke bewerking alles grondig te reinigen zodat het actieve stof steeds verwijderd werd.

Uiteraard staat hiertegenover dat de dosis op het corveepersoneel toeneemt, maar het was dankzij deze maatregel mogelijk de gehele reparatie met één ploeg lassers te verrichten.

Gezien het speciale karakter van de werkzaamheden aan de overgangsstukken van het reactorvat volgen hier kort samen gevat de belangrijkste dosesgegevens over deze werkzaamheden.

Op 10 januari 1972 begon een splijtstofwisselstop, die uitliep op de reparatie van stomp N25.

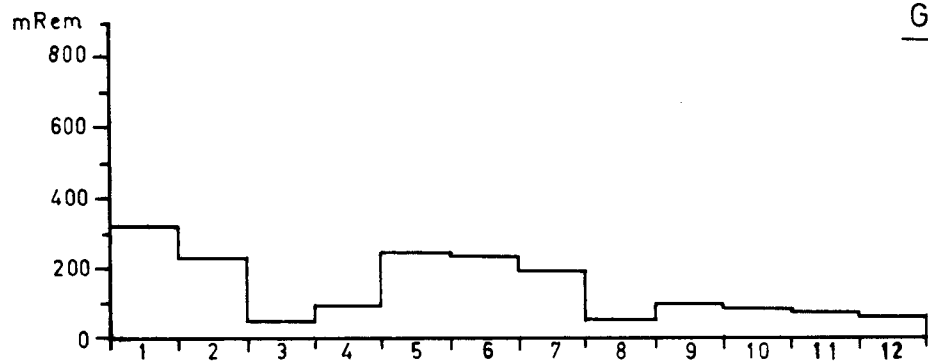
Het aantal GKN medewerkers dat in de maanden januari en februari 1972 een pendosimeter droeg, was 62.

De dosisverdeling was als volgt: (pendosimeterdoses)

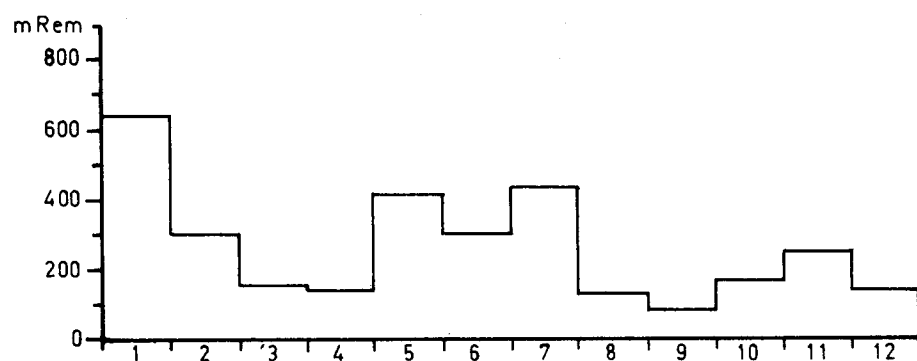
mR	aantal	%
0 - 100	1	1
101 - 200	7	11
201 - 400	18	29
401 - 600	9	15
601 - 800	10	16
801 - 1000	8	13
1001 - 1500	9	15
	<hr/> 62	<hr/> 100

Stralingsbelasting gemiddeld per groep/per man over 1972

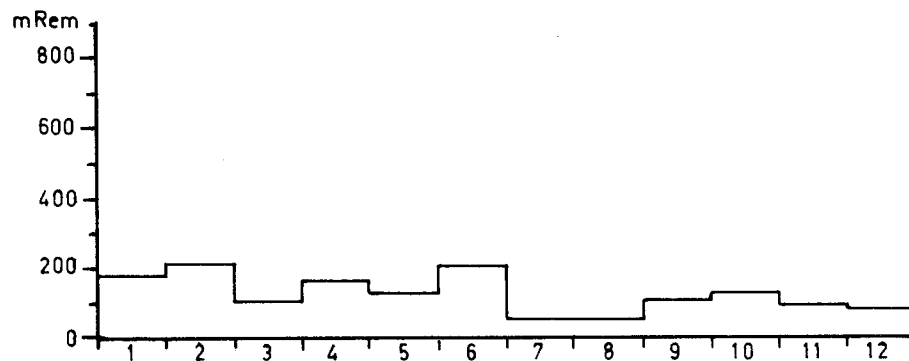
GKN - personeel



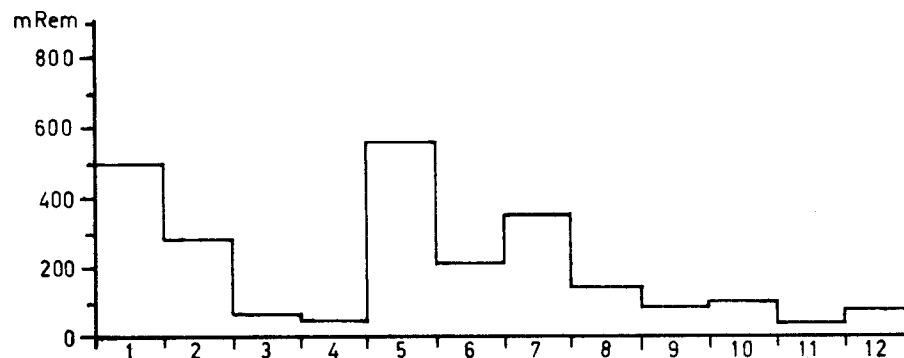
„Wacht“-personeel



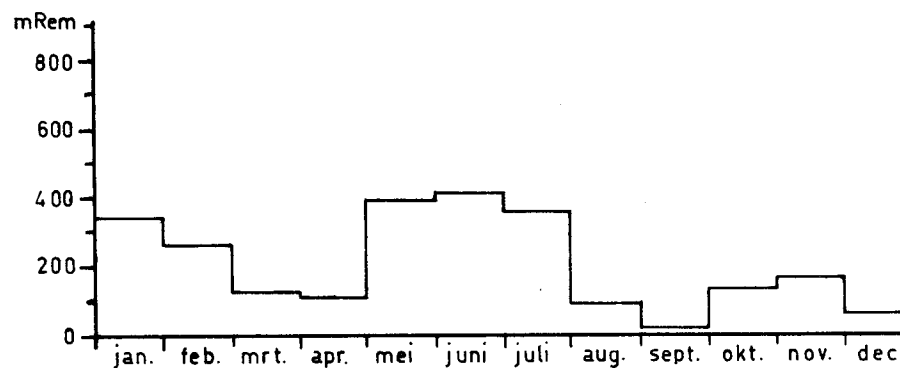
Werktuigkundige
onderhoudsdienst



Elektrische
onderhoudsdienst

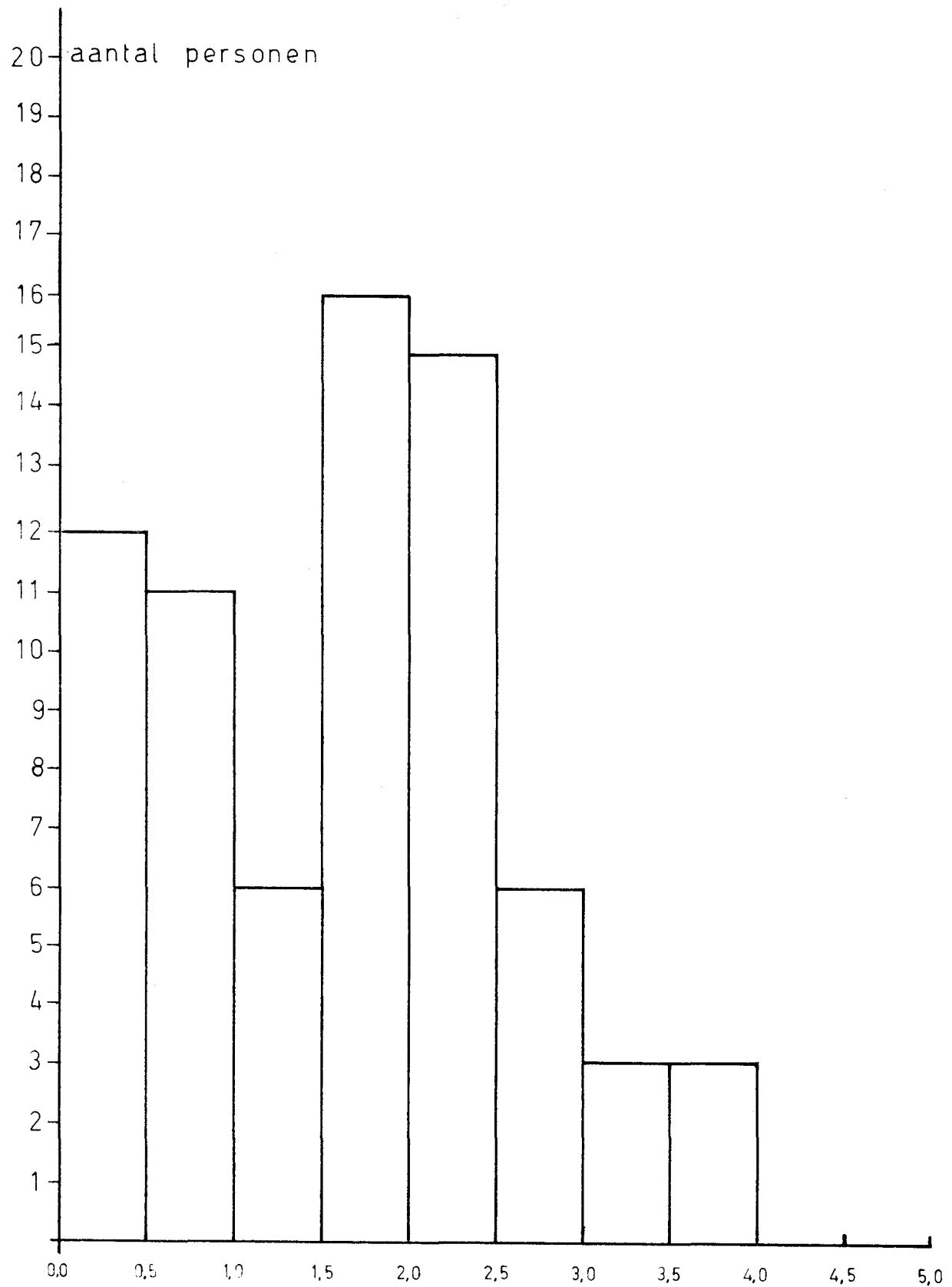


Instrumentatie
onderhoudsdienst



Corveedienst

DE DOSISVERDELING VAN G.K.N. PERSONEEL IN 1972



Opgelopen dosis in Rem gedurende 1972

De totaal opgelopen dosis was 35 886 mR; de gemiddelde dosis per persoon bedroeg 580 mR (2 maanden).

In de periode van de splijtstofwisselstop en de reparatie van stomp N25 werd in totaal, door GKN-personeel en derden, 118,0 Rem aan straling ontvangen

Deze dosis kan als volgt worden verdeeld:

- de splijtstofwisselstop 65,4 Rem
- de reparatie van N25 52,6 Rem.

Het is ook mogelijk de dosis anders te verdelen:

- GKN-personeel, met 7 man van de PZEM en 3 volontairs, gedurende de splijtstofwisselstop en de reparatie van N25 : 32,1 Rem.
- voor derden gedurende dezelfde periode : 85,9 Rem.

De reparatie van stomp N25 was met speciale SCD-zorg omringd. Alle mensen die onder de ringvloer moesten zijn, werden voorzien van extra pendosimeters in de laars, de borstzak en op het hoofd. Ook werd een extra TNO-badge uitgereikt. Degenen die werkzaamheden moesten verrichten werden bovendien voorzien van een CON-RAD pleisterdosimeter om de vinger.

Het is daardoor mogelijk om de werkzaamheden aan stomp N25 apart op te geven.

- 32,2 Rem voor montage, demontage, slijpen en lassen (RDM + RSMB).
- 2,4 Rem voor isolatie-werkzaamheden
- 13,7 Rem voor metallurgische inspecties en dye-checken (KEMA-WKO)
- 4,3 Rem voor eigen GKN-personeel en KEMA SCD-ers.

Op 15 mei begon een stopperiode voor inspectie van overgangsstukken aan het reactorvat die uitliep op het vervangen van het overgangsstuk bij stomp N19.

Het aantal GKN-medewerkers dat in de maanden mei, juni, en juli, waarover deze onderhoudsperiode liep, een pendosimeter droeg, was 66.

De dosisverdeling was als volgt: (pendosimeterdoses)

mR	aantal	%
0 - 150	5	7
151 - 300	7	11
301 - 600	17	25
601 - 900	13	20
901 - 1200	10	15
1201 - 1500	7	11
1501 - 2150	7	11
	<hr/>	<hr/>
	66	100

Totaal werd opgelopen 45 286 mR; gemiddeld per persoon 686 mR (over drie maanden).

Tijdens de stopperiode zijn vele werkzaamheden door derden verricht. In het eerste gedeelte van de stopperiode, de inspectie van het reactorvat, betrof dit vooral isolatiewerk, metaalkundig onderzoek door de KEMA-WKO groep, en allerlei andere onderhoudswerkzaamheden, door diverse firma's uitgevoerd.

In het tweede gedeelte van de stopperiode, het splijtstofwisselen, betrof de inzet van derden in het bijzonder personeel van de PZEM.

In het derde gedeelte van de stopperiode, de reparatie van N19, betrof dit vooral het Rijn Schelde Montage Bedrijf en de KEMA-WKO groep.

In het volgende overzicht is de dosis gesplitst naar de verschillende groepen. Ook is een verdeling gemaakt tussen wel en niet radiologische werkers bij het personeel van derden.

Doses in millirem mei-juni-juli

Voornaamste activiteit:		1/5 - 4/5 Normaal bedrijf	15/5-10/6 Inspectie reactorvat	11/6-18/6 Splijtstof- wisselen	19/6-23/7 Reparatie N19	24/7-31/7 Normaal bedrijf	Totaal
GKN-personeel + volontairs		2 527	17 047	4 081	20 134	1 497	25 286
Derden gerang- schikt naar bedrijf	RDM+RSMB	---	3 504	4 414	66 591	---	74 509
	KEMA-SCD	215	1 884	453	4 467	12	7 031
	KEMA-WKO	---	1 083	52	3 764	---	4 899
	KEMA-Rest	---	242	246	1 706	---	2 194
	KEMA-Totaal	215	3 209	751	9 937	12	14 124
	Overigen	---	13 206	3 495	10 838	---	27 539
	Totaal	215	19 919	8 660	87 366	12	116 172
Derden gerang- schikt als R.W. (Radio- logisch werker) of niet R.W.	KEMA R.W.	215	2 993	542	8 449	12	12 211
	KEMA niet R.W.	---	216	209	1 488	---	1 913
	RDM+RSMB R.W.	---	3 212	4 305	66 544	---	74 061
	RDM+RSMB niet R.W.	---	292	109	47	---	448
	Overigen R.W.	---	5 339	1 353	5 822	---	12 514
	Overigen niet R.W.	---	7 867	2 142	5 016	---	15 025
	Totaal R.W.	215	11 544	6 200	80 815	12	98 786
	Totaal niet R.W.	---	8 375	2 460	6 551	---	17 386
Stopperiode totaal			36 966	12 741	107 500	---	157 207
Mei-juni-juli totaal		2 742	36 966	12 741	107 500	1 509	161 458

In de periode van 8 mei tot en met 5 juni werd radioactief afval verwerkt. Dit resulteerde in een productie van 685 vaten.
De stralenbelasting ten gevolge van deze werkzaamheden was:

Wachtpersoneel: bediening van de installaties (4 man)	3 750 mR
Corveedienst: transport, schabloon-schilderen, beton storten, schoonmaken (3 man)	1 980 mR
Stralingscontroledienst: stralingsmetingen en veegproeven van elk vat (2 man)	1 600 mR
	<hr/>
	7 330 mR

Het gehele eigen personeel en bovendien nog 65 anderen werden bij het TNO-instituut te Arnhem op inwendige besmetting onderzocht, sommige personen zelfs meer dan eenmaal. De uitslagen waren over het geheel genomen aan de lage kant. Slechts 13 personen hadden meer dan 1% van de "Maximum Permissible Body Burden", waarvan 3 personen meer dan 2%. Het maximum bedroeg 3,8% van de MPBB. Bij controle na een half jaar, in december 1972, was bij de betreffende persoon de inwendige besmetting gedaald tot 0,17% van de MPBB. De beschermende maatregelen hebben dus goed gewerkt. De hoogste inwendige besmettingen konden achteraf worden verklaard aan de hand van een analyse van de loop der werkzaamheden.

In 1972 werden diverse maatregelen genomen om de veiligheid te verbeteren en de kans op besmetting te verlagen.

Het systeem van persoonlijke witte jassen en overalls werd afgeschaft en vervangen door een pool van jassen en overalls waar ieder naar behoefte uit kan nemen. Hierdoor werd het mogelijk de witte jassen en overalls uit de kledingkastjes te houden, wat de kans op besmetting van de privé-kleding vrijwel uitsluit.

De afvalcontainer voor afvoer van niet-besmet afval naar de openbare vuilstortplaats werd op slot gedaan en wordt nog slechts onder controle van de SCD gevuld, wat voorkomt dat radioactief afval dat mogelijkermijze door de controle in de hoofdtoegangscontrole slipt met deze container zou worden afgevoerd.

Er werden vier extra persluchtapparaten aangeschaft waarmee het totale aantal op veertien komt.

Voor de handenmonitors in HTC en regelzaal werd overgegaan op het gebruik van grote flessen met telgas om de bedrijfszekerheid te verhogen en de taak van het wachtpersoneel te verlichten.

Er werd een extra brancard aangeschaft zodat er nu twee normale brancards beschikbaar zijn en één opvouwbaar om eventuele slachtoffers door nauwe openingen naar buiten te brengen.

De veranderde inzichten omtrent haarmode maakten het noodzakelijk constant een voorraad haarnetjes en shampoo aan te houden.

Er werden zwemvesten aangeschaft voor gebruik rond het opslagbassin en het wisselbassin; extra veiligheidsbrillen, voorschoten en dergelijke werden aangeschaft.

Een proef met huidbeschermende zalf werd met succes beëindigd. Er is een voorraad van aangeschaft om de gevolgen van het intens en veelvuldig handen wassen te bestrijden.

Het verbruik van beschermende kleding en bijbehorende artikelen was in 1972 als volgt:

<u>eenmalige artikelen:</u>	1972	1971	
wegwerp plastic handschoenen	8 600	8 000	paar
kleenex tissues	134	102	dozen
kimwipe	106	85	rollen
toiletzeep (klein)	579	250	stuks
inleglaarzen	5 300	3 250	paar
tricot handschoenen	21 000	35 000	paar

Het lagere verbruik van tricothandschoenen is bereikt door de tricothandschoenen te gaan wassen zodat ze meermalen gebruikt kunnen worden.

<u>roulatie artikelen</u>	1972	1971	
petjes	395	224	stuks
sokken	802	770	paar
schoenhoezen (katoen)	215	1 760	paar
ondergoed hemden	140	60	stuks
broeken	104	70	stuks
handdoeken	19	41	stuks
overalls	290	274	stuks
stofjassen	59	88	stuks
maskers	30	50	stuks
filterbussen	193	81	stuks

Splijtstofelementen

	Datum					
	1-1	5-1	31-1	30-6	31-8	31-12
plaats						
droge opslag	47	50	8	9	30	30
reactor	156	156	156	156	156	156
splijtstofopslag- bassin	1	1	43	58	58	58
Totaal	204	207	207	223	244	244
Aangevoerd		3		16	21	

7. EXPERIMENTEN EN BEPROEVINGEN

7.1. Bedrijfstesten in verband met vermogensverhoging

In het verslagjaar 1972 werden in het kader van vermogensverhoging van de reactor wederom een aantal fysische reactorexperimenten uitgevoerd.

Eerdere metingen hadden reeds aangetoond dat bij verhoogd reactorwaterniveau een geringe vermogensverhoging optrad onder enigszins gunstiger thermo-hydraulische condities. Met het oog op een eventuele permanente verhoging van het waterniveau in het vat werd bij 25% reactorvermogen (turbine afgeschakeld) het vochtpercentage van de stoom in de hoofdstoomleiding als functie van het reactorwater-niveau bepaald.

Bij dit vermogen bleek dat het vochtgehalte (bepaald volgens de totaal γ -activiteits- en de Na-24-activiteitsmethode) bij toenemend waterniveau slechts zeer langzaam stijgt (orde factor 2 voor 200 cm verhoging) en volgens de Na-24 methode veel kleiner dan 1% is. Bij een niveauverhoging van 242 cm (het geïndiceerde niveau bedroeg daarmee 314 cm boven de schoorsteen en bevond zich 35 cm onder de stoomdroger), trad een sterke mate van wateroverslag op. Deze werd via de resultaten van de warmtebalans en de aanwijzingen van de neutronenflux meetkanalen berekend op $20,4 \text{ t.h}^{-1}$ overeenkomend met 30 gewichtsprocenten water in de uitgaande stoom. De genoemde activiteits meetmethoden toonden eveneens een sterke toename van het vochtgehalte van de stoom aan.

Het reactorwaterniveau bleek ook een belangrijke rol te spelen bij het experiment waarin de stabiliteit van de regelketen voedingwaterdebiet versus stoomdebiet nader werd onderzocht.

Het verlagen van het waterniveau, maar ook het uitbewegen van de centrale regelstaaf bleek in een bepaalde "onrustige" situatie sterk stabiliserend te werken. De conclusie was dat door wateroverslag in het niveaumeetsysteem een onrustige elektronische interpretatie van het geïndiceerde niveau ontstond. Deze wateroverslag zou dan verdwijnen bij een lager waterniveau en/of een iets meer gepiekte vorm van het stoom-water mengsel boven de schoorsteen.

Mede op basis van resultaten van fysische metingen aan het reactorsysteem in 1971 werd in dit verslagjaar vergunning verkregen voor vermogensverhoging tot 183,0 MW(th), onder de voorwaarde dat nog uit te voeren experimenten bij 192 MW(th) eveneens gunstige resultaten zouden opleveren.

In verband met een nadere evaluatie van de doelmatigheid van het noodkoelsysteem van de reactor is het in dit verslagjaar nog niet tot een definitieve verhoging van het vermogen van de installatie overgegaan.

In 1973 zal worden gestreefd naar een verdere vermogensverhoging van de reactor tot maximaal 195 MW(th). Dit hogere vermogen kan alleen dan door de turbineinstallatie worden opgenomen indien de reactordruk tot 80,0 ata wordt verhoogd. De invloed van deze drukverhoging op thermohydraulische en reactorfysische bedrijfsparameters werd voor het traject 69,1 tot 80,0 ata experimenteel bepaald.

Het waargenomen verband tussen reactorvermogen (Q_r) en reactordruk (P_r) als functie van het regelstaafpatroon (R) en de stand van de turbine regelkleppen (α) is in figuur RPH-E-1 weergegeven.

De in deze figuur gedemonstreerde afname van het reactorvermogen bij toenemende druk

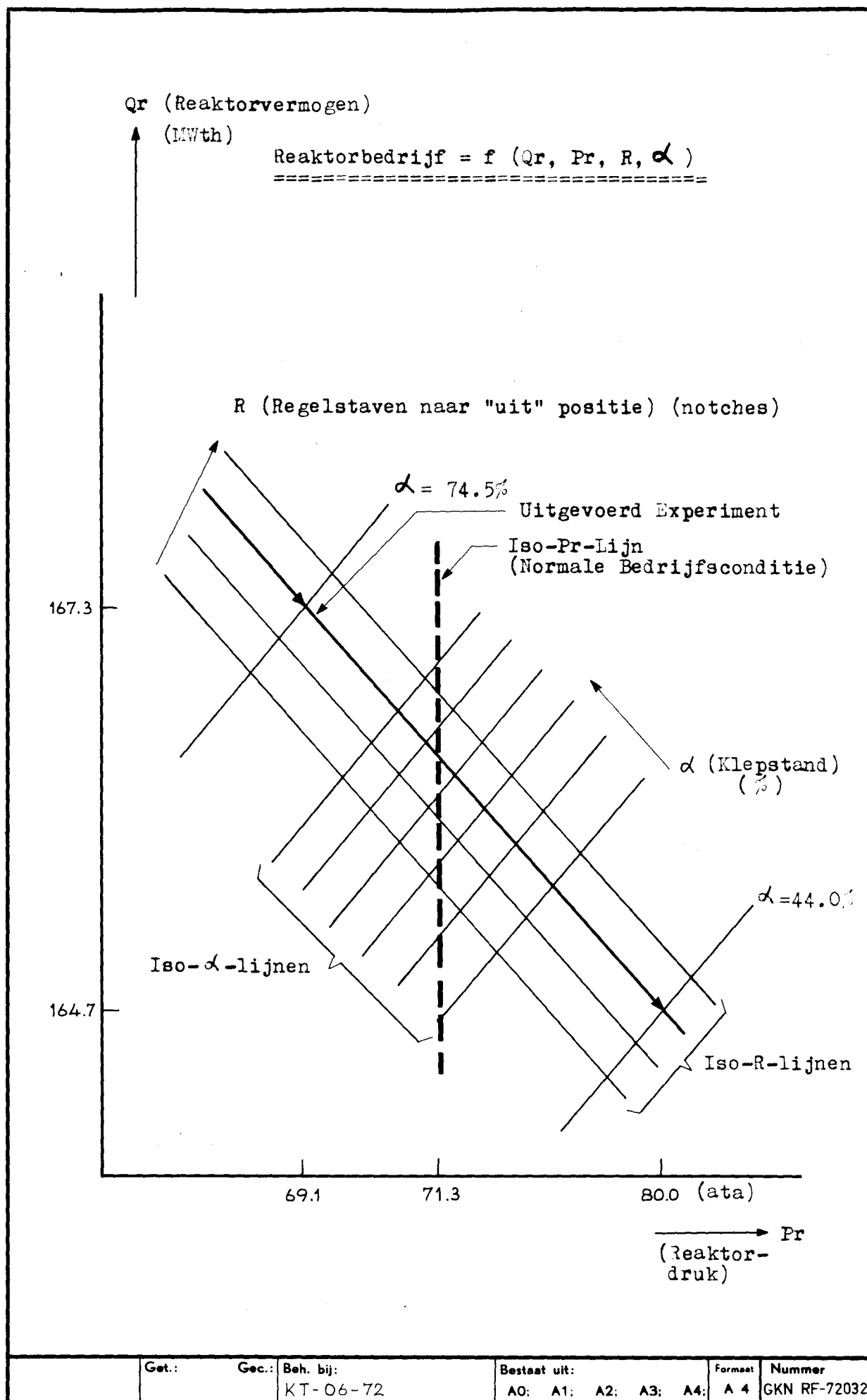
$$\left(\frac{dQ_r}{dP_r} = - 0,24 \text{ MW/atm.} \right)$$

geldt alleen onder evenwichtsvoorwaarden

Het transiënte verband tussen deze twee parameters is voor een kokend water reactor positief. De resultaten van deze metingen toonden aan dat bij hogere reactordruk de stabiliteit van het reactorsysteem nog wat gunstiger wordt.

Een experiment waarbij het vermogen in het geïstrumenteerde splijfstofelement en eveneens in een standaard element extra hoog werd gemaakt, 1,53 MW(th) respectievelijk 1,70 MW(th), toonde aan dat ook tot dampbelpercentages boven 70%, hier 72,8% respectievelijk 72,5%, geen minder gewenste verandering in de stabiliteit van het reactorsysteem ontstaat.

Het geïstrumenteerde splijfstofelement dat nu twee jaar in de reactor aanwezig is en waarvan de thermo-elementen en de turbine debietmeter nog functioneren, heeft eveneens bij de reactorexperimenten in dit verslagjaar belangrijke meetgegevens opgeleverd.



7.2. Fysische experimenten en metingen

7.2.1. Bepaling van de vermogensverdeling in een Gadolinium-element.

De vermogensverdeling (lokaal) in een splijtstofelement, waarin Gadolinium als tijdelijk gif is toegevoegd, wijkt aanzienlijk af van de verdeling in de tot nog toe toegepaste elementen. Ter controle van rekenprogramma's zoals ROSE is de vermogensverdeling in koude toestand experimenteel bepaald. Hiertoe is tijdens de splijtstofwisselperiode een dergelijk element gedurende korte tijd in de kern geplaatst en geactiveerd. Na een afkoelperiode van drie dagen is het element gedemonteerd en vervolgens is de totale gamma-activiteit van ieder splijtstofstaaf op één axiale positie gemeten. Uit de verdeling van de gamma-activiteit is vervolgens de vermogensverdeling berekend (figuur RPH-E-II).

De neutronenflux depressie ten gevolge van beide Gadolinium staven (positie C-5 en E-3) is evident.

7.2.2. Bepaling van de vermogensverdeling in een element met hoge specifieke versplijting.

Ter controle van de rekenprogramma's FLARE en TIPPEL is van een UO_2 -element met hoge versplijting (A77; 18000 MWd/tonU) op vier hoogtes de radiale vermogensverdeling bepaald, met als vermogensmonitor het isotoop La^{140} . Dit isotoop is ten gevolge van zijn korte halveringstijd, en die van de ouders, een geschikte vermogensmonitor en komt voor in de vervalreeks van het splijtingsproduct Xe^{140}

140		140		140		140
Xe	16 s	Cs	12,8 d	La	40,2 h	Ce (stabiel).
	→		→		→	

Om de nauwkeurigheid zo groot mogelijk te maken moet met de metingen twee weken na de ontlading begonnen worden. De onderhavige metingen zijn echter twee maanden na de ontlading verricht, waardoor de fout ongeveer 10% is en van betrouwbare resultaten geen sprake kan zijn. De resultaten zijn vermeld op het overzicht op pagina RPH-E-III.

7.2.3. Nabestralingsonderzoek

In het kader van het nabestralingsonderzoek dat door de KEMA-groep Bijzondere Onderwerpen Kernenergie (BOK) aan de staven van het gedemonteerde element A77 is uitgevoerd, is tevens van 18 staven de splijtstofhoogte met gamma-scannen bepaald.

De Pr^{144} -activiteitsverdeling aan de onder- en bovenkant van de splijtstof is gemeten en uit de afstand tussen de scherpe overgang in de verdelingen ter plaatse van onder- en bovenkant is de splijtstofhoogte berekend. (zie tabel 1 op pagina RPH-E-5).

De gemiddelde systematische fout (1,7 mm) in de lengte is een gevolg van de ijking van de stapgrootte.

Aannemend dat de gemiddelde splijtstoflengte 1793 ± 7 mm is, blijkt dat de staven D3 en F1 de enige zijn met een splijtstoflengte kleiner dan $1793 - 7 = 1786$ mm. Het verschil met de gemiddelde lengte is ongeveer één tabletlengte (13 mm), zodat verondersteld zou kunnen worden, dat deze staven een tablet te kort komen.

In de tabel is in de kolom "top schuin" aangegeven van welke staven, aan de bovenzijde, de splijtstof schuin (verbrokken ?) in plaats van vlak is.

De bedoeling is om in de toekomst met zeer nauwe spleetopening (ongeveer 0,5 mm dat wil zeggen bronlengte ongeveer 1 mm) de splijtstof op spleten tussen de tabletten te onderzoeken.

7.2.4. Ruiscorrelatiemetingen

In het verslagjaar is een begin gemaakt met een onderzoek naar de ruiseigenschappen van de reactor. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een polariteitscorrelator en een Fourie-transformator. De vermogensspectra van de signalen, verkregen met de reactorinstrumentatie, geven waardevolle informatie over de in de reactor optredende frequenties bij verschillende toestanden (druk, vermogen). Reeds nu is gebleken dat oscillaties met een specifieke frequentie slechts dan optreden wanneer bepaalde systemen aan veranderingen onderhevig zijn.

	A	B	C	D	E	F
1	1.186	1.083	1.062	1.100	1.210	1.427
2	1.095	0.939	0.906	0.881	0.907	1.176
3	1.070	0.898	0.835	0.777	0.241	1.049
4	1.097	0.885	0.779	0.813	0.860	1.110
5	1.221	0.903	0.241	0.850	0.965	1.175
6	1.425	1.180	1.050	1.103	1.191	1.310

Vermogens piekfactoren in
Gadolinium - element

	A	B	C	D	E	F
1	1.09	0.94	1.02	1.01	1.16	1.21
2	0.96	0.92	0.93	0.97	1.05	1.15
3	0.95	0.89	1.09	1.01	0.98	0.96
4	1.08	0.91	0.93	0.91	0.99	1.05
5	0.79	0.90	0.97	0.89	1.04	1.05
6	0.94	1.00	0.96	1.09	1.09	1.15

332 cm

	A	B	C	D	E	F
1	1.06	0.93	0.91	1.00	1.11	1.26
2	0.97	0.85	0.92	0.95	0.97	1.11
3	0.95	0.89	1.05	1.05	0.97	1.07
4	1.09	0.95	0.92	0.96	0.97	1.11
5	0.83	0.92	0.99	0.96	0.88	1.10
6	0.96	1.06	1.02	1.05	1.04	1.16

72,7 cm

	A	B	C	D	E	F
1	1.14	0.91	0.93	1.06	1.20	1.35
2	1.00	0.79	0.90	0.93	0.94	1.13
3	0.92	0.90	1.11	0.81	0.95	1.05
4	1.05	0.91	0.88	0.86	0.95	1.17
5	0.86	0.68	0.94	0.97	1.10	1.02
6	1.06	1.09	1.14	1.02	1.09	1.22

120,0 cm

	A	B	C	D	E	F
1	1.37	0.78	1.00	1.07	1.24	1.30
2	1.08	0.91	0.93	0.89	0.96	1.11
3	0.87	0.98	1.06	1.00	0.97	1.04
4	0.91	0.79	0.88	0.96	0.88	1.25
5	0.91	0.70	0.87	0.86	1.10	1.05
6	0.85	1.16	1.10	0.97	1.03	1.17

159,4 cm

Genormeerde La^{140} activiteit op vier niveaus

Tabel 1

no	γ-scan (mm)	meetlat (mm)	verschil (t.o.v. meetlat)	top schuin
A 1	1788	1788	0	nee
A 4	1793	1795	-2	ja
A 6	1788	1790	-2	nee
B 1	1792			nee
B 6	1790	1791	-1	ja
C 1	1796			ja
C 2	1785			nee
C 3	1799			ja
D 1	1787			ja
D 2	1785			nee
D 3	1780			nee
D 6	1792	1794	-2	ja
E 1	1798	1800	-2	ja
E 2	1788	1791	-3	nee
F 1	1779	1782	-3	nee
F 2	1785			nee
F 4	1787	1790	-3	nee
F 6	1792	1795	-3	ja

7.2.5. Spectrumanalyseprogramma

In het begin van dit verslagjaar is het spectrum-analyseprogramma SANA bedrijfsklaar gekomen. Een gamma-energie spectrum wordt nauwkeurig geanalyseerd. Met een reactorwatermonster als voorbeeld is op pagina RPH-E-7 de computer uitvoer gegeven en een tekening van het bijbehorende spectrum op pagina RPH-E-IV.

7.2.6. Splijfstofonderzoek bij het Trans Uranium Instituut te Karlsruhe

Als vervolg op de gamma-spectrometrische experimenten te Dodewaard (1971) aan twee splijfstofstaven van een gedeeltelijk verspleten element, zijn een zevental splijfstofmonsters van deze staven geprepareerd bij het Reactor Centrum Nederland te Petten en vervolgens geanalyseerd bij het Trans Uranium Instituut te Karlsruhe in het kader van een EURATOM onderzoek programma.

Dit onderzoek heeft tot doel:

- de bepaling van isotopen correlaties
- de mogelijkheid te onderzoeken om een eenvoudiger meetmethode te ontwikkelen ter bepaling van parameters zoals versplijting, plutonium productie, en dergelijke.

Momenteel worden de resultaten van het gamma-spectrometrisch onderzoek te Dodewaard getoetst aan die welke verkregen zijn bij het Trans Uranium Instituut. Ter illustratie van de isotopen correlaties is in figuur RPH-E-V het verband gegeven, zoals bepaald bij het Trans Uranium Instituut, tussen de versplijting en de verhouding van de activiteiten van twee splijtingsproducten (^{134}Cs en ^{137}Cs).

Isotopensamenstelling van het spectrum

53 I-135	act = 1.4681E-03 micro curie/ml
11Na- 24	act = 1.3222E-03 micro curie/ml
27Co- 60	act = 1.2674E-04 micro curie/ml
26Fe- 59	act = 1.1403E-04 micro curie/ml
33As- 76	act = 7.7878E-04 micro curie/ml
30Zn- 65	act = 2.2984E-05 micro curie/ml
55Cs-134	act = 2.1852E-05 micro curie/ml
38Sr- 91	act = 4.5442E-04 micro curie/ml
53 I-133	act = 9.8509E-04 micro curie/ml
25Mn- 54	act = 1.5207E-04 micro curie/ml
27Co- 58	act = 6.3295E-05 micro curie/ml
74 W-187	act = 6.9661E-05 micro curie/ml
53 I-131	act = 7.2538E-05 micro curie/ml
54Xe-135	act = 1.9534E-03 micro curie/ml
Bêtaplus	act = 1.4167E-04 micro curie/ml
24Cr- 51	act = 2.1737E-03 micro curie/ml
57 La-140	act = 1.7803E-05 micro curie/ml
42Mo- 99	act = 2.0931E-04 micro curie/ml
93Np-239	act = 9.2491E-05 micro curie/ml
43Tc- 99	act = 1.5774E-04 micro curie/ml

7.3. Het staalonderzoekprogramma

Inleiding

In het kader van het staalonderzoekprogramma (SOP) van de kernenergiecentrale Dodewaard zijn proefstukken gedurende de stop van maart 1971 uit de reactor verwijderd en bij TNO en RCN beproefd (1ste controle serie). Tevens zijn proefstukken die bewaard zijn buiten de reactor, beproefd (0-metingen).

De bedoeling van het SOP is om de verandering in materiaal eigenschappen (welke optreedt ten gevolge van neutronenbestraling) van het reactorvat te vervolgen.

Aangezien op het kernmiddenvlak van het reactorvat het vatmateriaal, het lasmateriaal en de HAZ de grootste dosis neutronen te verduren krijgen en dus de grootste verbrossing ondergaan, zijn op het kernmiddenvlak tegen de vatwand en tussen de kernmatel proefstukken geplaatst. Ter plaatse van de vatflens zijn eveneens proefstukken geplaatst.

De dosis neutronen, die deze proefstukken ontvangen is nihil, althans wat betreft de zogenaamde snelle fluentie (= geïntegreerde snelle neutronenflux).

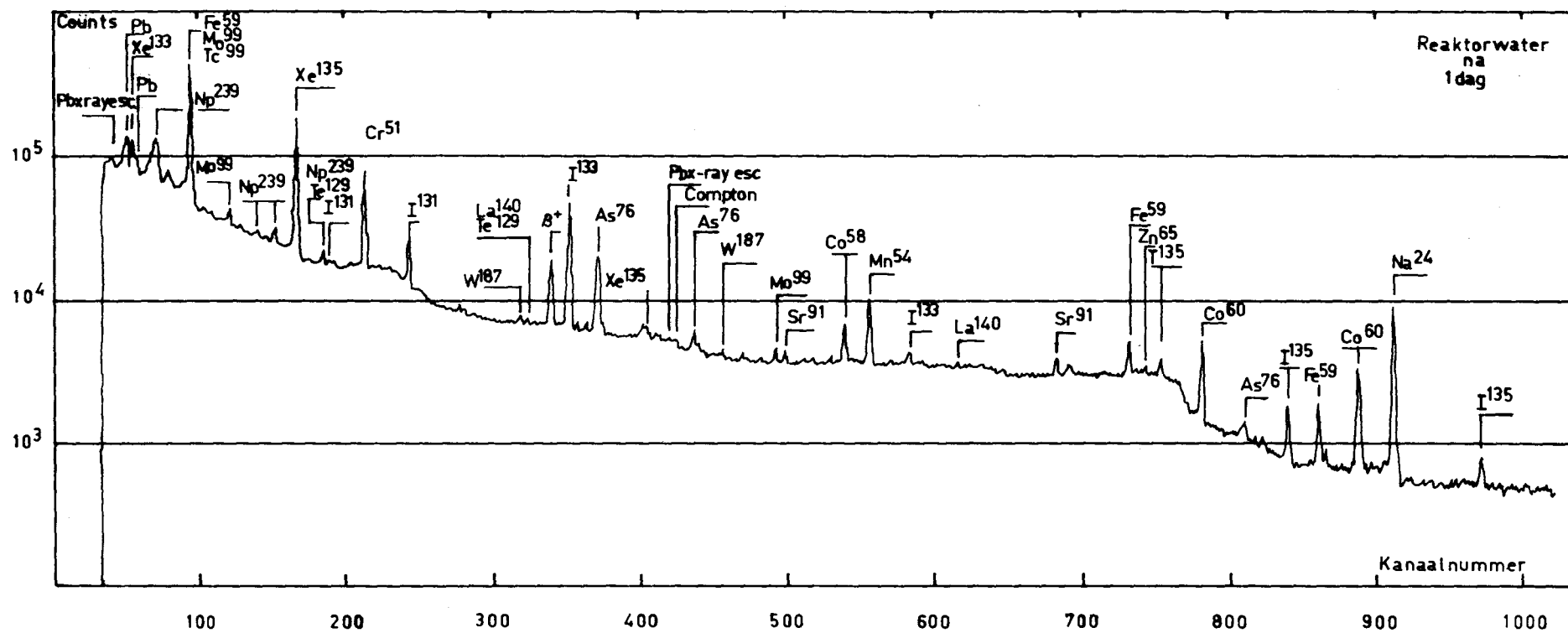
Algemeen wordt aangenomen, dat de grootste beschadiging (= verbrossing) van reactorvaten veroorzaakt wordt door neutronen met een energie > 1 Me V.

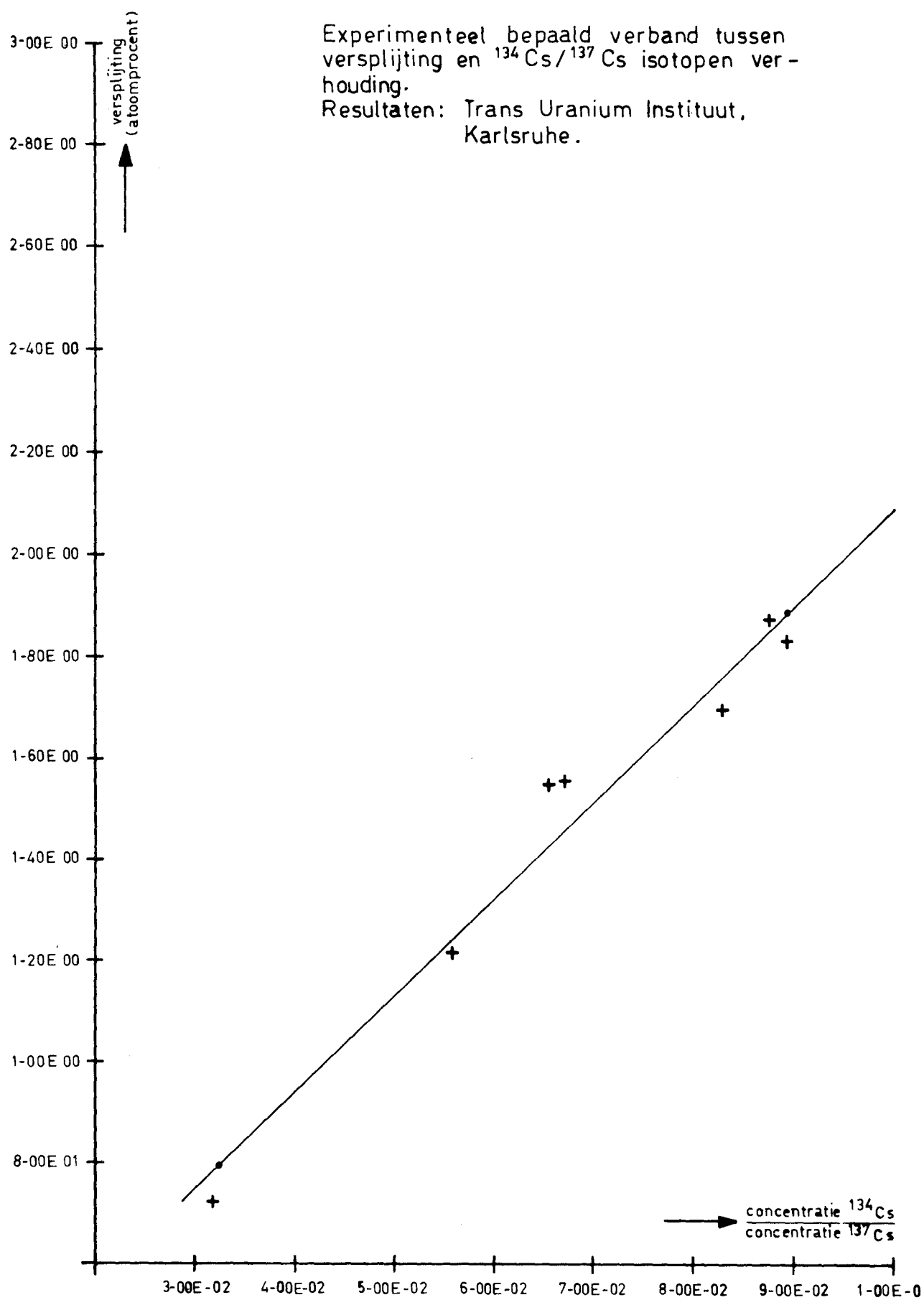
De aard van de verbrossing door neutronen berust op voornamelijk twee mechanismen: een verplaatsing van atomen vanuit hun evenwichtsposities en de productie van verontreinigingen ten gevolge van transmutatie reacties.

Het is gebleken, dat vooral de elementen koper en fosfor de grootste bijdrage tot verbrossing leveren.

De gebruikte proefstukken zijn:

- Charpy-V-kerfslagstaven (CVP, ter bepaling van de overgangstemperatuur bros-taai van het vatmateriaal, lasmateriaal en HAZ, tevens van ASME SA 336, mod. en ASTM A 533 B, cl. 1 ter vergelijking met 1,2 MD07)
- trekstaven (ter bepaling van de mechanische eigenschappen van vatmateriaal, lasmateriaal en HAZ)
- zijbuigstaven (ter bepaling van de hechting en hardheid overgangslaag vatmateriaal-cladding, microscopisch onderzoek, corrosieproef cladding).
- schokgolfdempings-tabletten (SGD, ter bepaling van de overgangstemperatuur bros-taai).





De mechanische eigenschappen (uitgezonderd de spannings-intensiteitsfactor K_{IC}) zijn voor de beoordeling van de integriteit van een reactorvat van veel minder belang dan de overgangstemperatuur bros-taai (= temperatuur, waarbij het materiaal eerder bros dan taai breekt). Algemeen blijkt de overgangstemperatuur van een aantal reactorvatstalen (NDT-temperatuur) bepaald te worden door de temperatuur die overeenkomt met het Charpy-V-kerfslagniveau van circa 4,3-6,1 kgm/cm² : $T_{5,2}$.

Omdat NDT-proefstukken relatief groot zijn, worden de kleinere Charpy-V-proefstukken toegepast, aangezien de beschikbare ruimte in een reactorvat beperkt is. Zelfs deze kerfslagstaven zijn vrij groot, zodat gezocht is naar een methode om de overgangstemperatuur met zeer kleine proefstukken te bepalen.

De zogenaamde schokdempingstabletten (cilindrisch $l=5$ mm; $d=6$ mm \emptyset) kunnen hier uitkomst bieden.

De SGD-methode berust op het volgende.

De simulatie van het spanning/tijd-gedrag aan de tip van een lopende brosse breuk wordt gerealiseerd door het cilindrisch proefstuk tussen twee drukstaven te plaatsen, elk voorzien van geschikte opnemers voor de spanning als functie van de tijd.

Door het uiteinde van een drykstaaf met een geschikt explosief aan te slaan wordt het gewenste spanning/tijd-gedrag verkregen.

De energie-absorptie van het proefstuk, die uit de registraties is af te leiden, blijkt een overgangs verschijnsel bij temperatuurtoeneming te vertonen indien het onderzochte materiaal fenitisch staal is.

De vorm van de curve (relatieve-energie-absorptie als functie van de temperatuur) heeft dezelfde gedaante als bij kerfslagproeven gevonden wordt.

Een betrekking tussen de energie-absorptie in deze schokgolfdempingsproef en de stoptemperatuur van dit staal, waarbij de plaatdikte parameter is, kan aangegeven worden. De overgangstemperatuur (stoptemperatuur, NDT-temperatuur) wordt bij de SGD-beproevingen gedefinieerd als de temperatuur, waarbij de verandering in het relatieve energie-absorptieniveau 50% is van de totale verandering bij overgang van lage naar hoge temperatuur.

Het ligt in de bedoeling om met het SOP de relatie tussen CVP en SGD te leren kennen.

De stoptemperatuur is die temperatuur, waar beneden een geïntieerde breuk onder de beschouwde (spannings) omstandigheden doorloopt en waar boven deze stopt, te vergelijken met de NDT-temperatuur.

Behalve onbelaste SGD-tabletten zijn nabij de wand belaste (overeenkomend met de spanning in het reactorvat) SGD-tabletten geplaatst, om de invloed van bestraling op het onder trekspanning belaste vat te kunnen bepalen (bij circa 13 kg/mm² en 70 atm.).

Enkele resultaten

De tabel op pagina RPH-E-12 geeft de conservatieve toename in overgangstemperatuur $T_{5,2}$ volgens het Charpy-V-5,2 kgm/cm²-kriterium van vatmateriaal, lasmateriaal en HAZ, zoals verkregen uit de metingen bij RCN en TNO. Zie ook de figuren RPH-E-VI en RPH-E-VII.

De vermelde NDT-waarden voor de 0-meting en de 1ste controle serie zijn berekend volgens $\Delta T_{5,2} = \Delta NDT$, hetgeen voor overeenkomstige staalsoorten ASTM A 302 B, A 533 B en ASME SA 336 geldt (ASTM STP-481).

De verbrossing blijkt voor het lasmateriaal het grootst te zijn, zoals te verwachten, omdat het gehalte aan koper hoger is dan in het 1,2 MD07-vatmateriaal.

In de tabel is tevens opgenomen de overgangstemperatuur volgens de SGD-metingen. Het blijkt dat deze metingen een aanzienlijke koudveroudering te zien geven in vergelijking tot de CVP-beproevingen (SGD: 54° en CVP: 80°).

Enige koudveroudering zal optreden, maar 54° is veel.

De spreiding in $T_{5,2}$ en T_{50} bedraagt circa 50°.

TNO constateert dat reeds eerder bij drie van de vier met de SGD-proef door haar onderzochte reactorstalen veroudering optrad.

Het blijkt uit de tabel, dat de toename in overgangstemperatuur van onder trek belast materiaal groter is dan van onbelast materiaal (een verschil van 20°).

Uit de literatuur is echter bekend, dat belast - onbelast voor een aantal reactorstalen geen verschil in toename van overgangstemperatuur te zien geeft.

Gezien het bovenstaande en gezien het belang van ruimtebesparende proefstukken lijkt het zinvol de SGD-metingen voort te zetten.

Voor een goede evaluatie van deze metingen moet gewacht worden tot de resultaten van een volgende proevenserie bekend worden.

Het blijkt dat de verbrossing, dus de fluentie, nabij de vatflens nihil is.

Figuur RPH-E-VI geeft de CVP-beproevingen voor 1,2 MD07-materiaal, voor en na bestraling, zoals verkregen door RCN. De daling in CVP_m , te zien als een daling in K_{IC} , is een normaal verschijnsel en gering in vergelijking tot andere staalsoorten (zie ASTM A 533 B, cl. 1).

Het verschil tussen de metingen 1965, 1968, 0-meting en nabij vatflens-metingen is toe te schrijven aan:

- enige mate van koudveroudering van het vatmateriaal;
- spreiding in de bepaling van de Charpy-V-curve (de bepaling van $T_{5,2}$ is al snel (on)nauwkeurig op $\pm 5^\circ\text{C}$).

Ondanks de laatste onnauwkeurigheid, inherent aan de kerfslagwaardebepaling, is de invloed van neutronen op de taaiheid van het vatmateriaal duidelijk waarneembaar.

Figuur RPH-E-VII geeft de resultaten van de SGD-metingen, zoals deze verkregen zijn door TNO. De bespreking is reeds geschiedt bij de tabel.

Referenties

1. Reactordrukvat staalonderzoekprogramma voor de 50 MWe kernenergiecentrale Dodewaard, KEMA, oktober 1968.
2. Beproevingresultaten van het Dodewaard staalonderzoekprogramma, 0-metingen en 1ste controleserie 1971, RCN, augustus 1971.
3. Rapport betreffende de resultaten van het staalonderzoekprogramma I van de kernenergiecentrale Dodewaard, KEMA, september 1972.

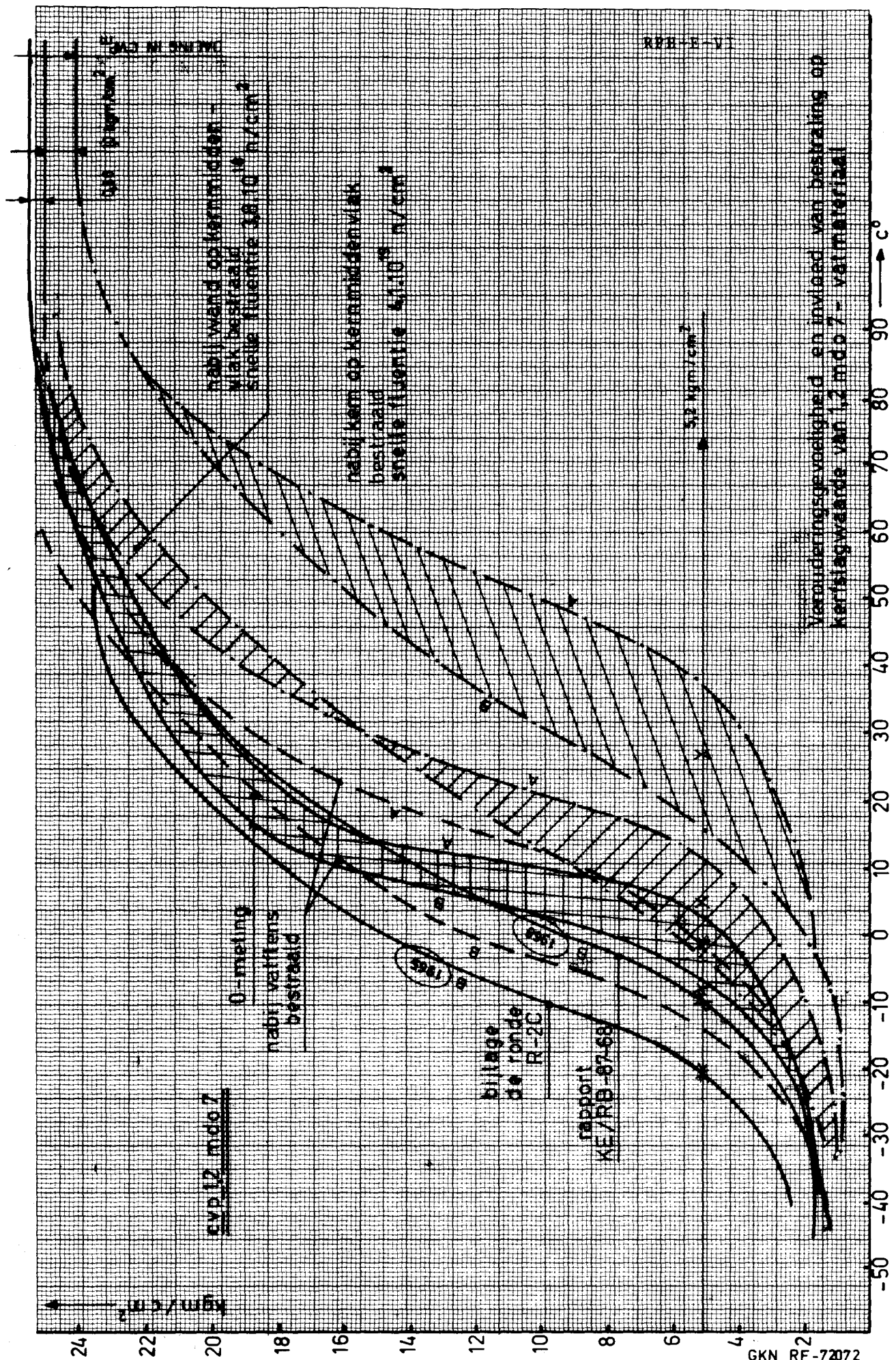
Tabel

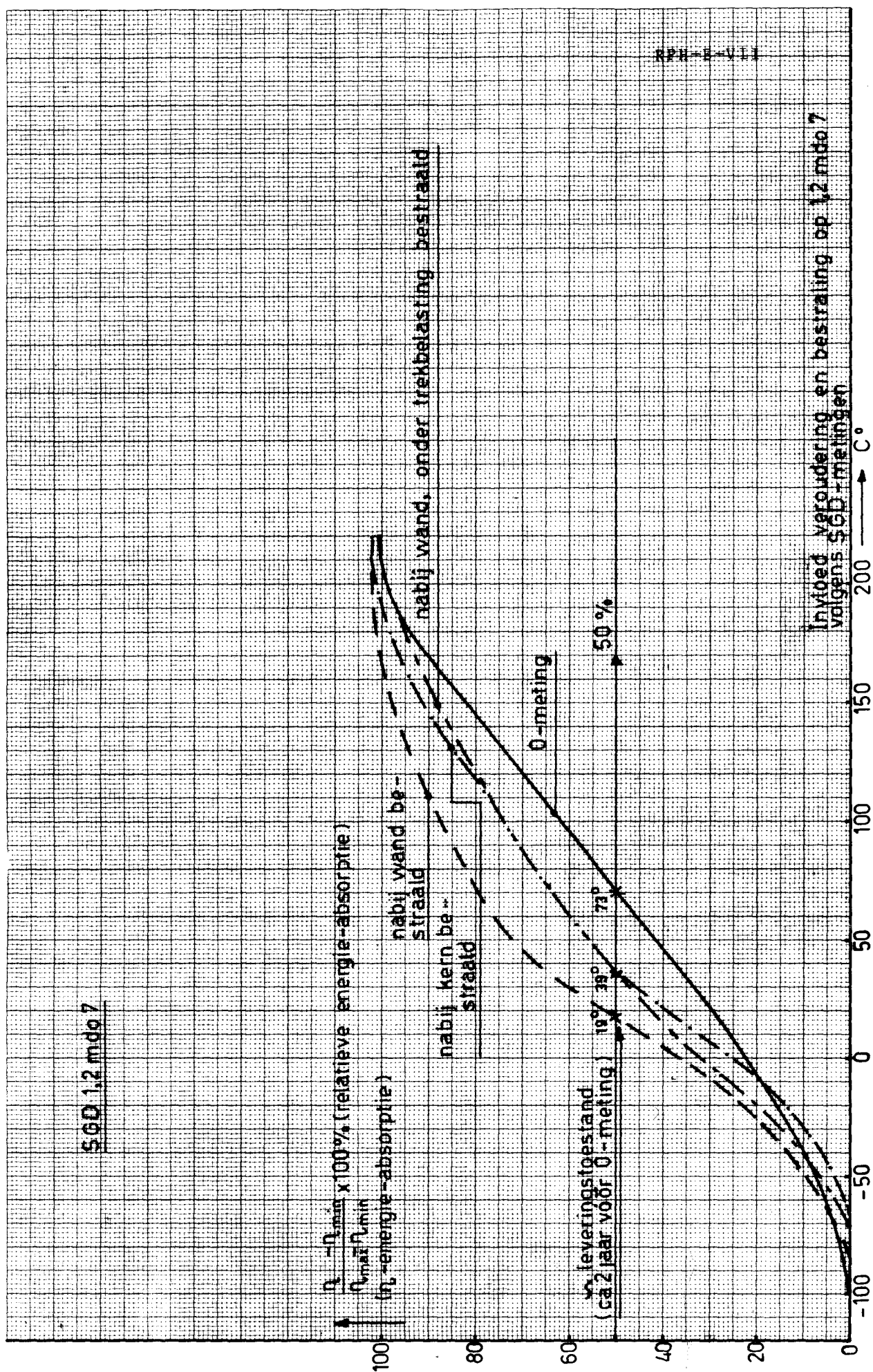
De conservatieve overgangstemperatuur als functie van veroudering en neutronenbestraling

		1965-1968 ontwikkelings- werk en fabri- kage reactor- vat	0-me- ting 1971	bestraald nabij vat- flens tot mrt. 1971; snelle flu- entie nihil	bestraald nabij vat- wand tot mrt. 1971; snelle flu- entie 3,8. $10^{18}n/cm^2$	bestraald nabij vat- kern tot mrt. 1971; snelle flu- entie 4,1. $10^{19}n/cm^2$
1,2 MD07 vatmate- riaal op kernmidden vlak	NDT	-45°C	-37°C	---	-31°C	- 8°C
	T _{5,2}	-10°C	- 2°C	- 8°C	4°C	27°C
	T ₅₀ onbelast	19°C	73°C	---	19°C	39°C
	T ₅₀ belast	---	---	---	39°C	---
lasmate- riaal op kern- middenvlak	NDT	-20°C (20hr op 625°C)	(-2°C)	---	(9°C)	(61°C)
	T _{5,2}	-33°C (6hr op 625°C)	-15°C	---	- 4°C	48°C
	T ₅₀ onbelast	---	---	---	---	---
HAZ op kern midden vlak	NDT	ca. -26°C	---	---	---	ca.- 6°C
	T _{5,2}	ca. -35°C	ca.-37°C	---	ca.-47°C(?)	ca.- 3°C
	T ₅₀ onbelast	---	---	---	---	---

Referenties

De opgegeven T_{5,2}-waarden zijn gemiddelden tussen axiale (A) en tangentiale (B) proefstukken (meer gedetailleerd: figuur RPH-E-VI). NDT-temperaturen berekend volgens $\Delta NDT = \Delta T_{5,2}$. Spreiding in T_{5,2}, dus ook in NDT, circa 5°C.

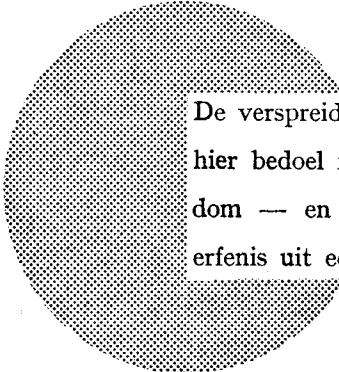




BERICHT AAN DE LEZERS

Alle door de Commissie van de Europese Gemeenschappen gepubliceerde wetenschappelijke en technische rapporten worden aangekondigd in het maandblad „euro-abstracts”. Abonnementen (1 jaar: 1 025,—Bfr), of gratis proefnummers zijn verkrijgbaar bij :

**Bureau voor officiële publikaties
der Europese Gemeenschappen
Case postale 1003
Luxemburg
(Groothertogdom Luxemburg)**



De verspreiding van kennis is de verspreiding van welvaart — en hier bedoel ik de collectieve welvaart en niet de individuele rijkdom — en bij welvaart verdwijnt geleidelijk het kwaad, onze erfenis uit een donker verleden.

Alfred Nobel

VERKOOPKANTOREN

Alle door de Commissie van de Europese Gemeenschappen gepubliceerde documenten worden door het Bureau voor officiële publikaties op de ondervolgende adressen verkocht tegen de op de omslag aangegeven prijs. Gelieve bij schriftelijke bestelling nauwkeurig de referenties van het document op te geven.

NEDERLAND

Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf
Christoffel Plantijnstraat
's-Gravenhage — Tel. (070) 81 45 11
Postgiro 42 53 00

BELGIË — BELGIQUE

Belgisch Staatsblad — Moniteur belge
Leuvenseweg 40-42 — Rue de Louvain 40-42
1000 Brussel — 1000 Bruxelles — Tel. 12 00 26
Postgiro 50-80 — CCP 50-80

Agentschap :
Europese Boekhandel — Librairie européenne
Wetstraat 244 — Rue de la Loi 244
1040 Brussel — 1040 Bruxelles

DENEMARKEN

J.H. Schultz — Boghandel
Møntergade 19
DK 1116 København K — Tel. 14 11 95

DUITSLAND (BR)

Verlag Bundesanzeiger
5 Köln 1 — Postfach 108 006
Tel. (0221) 21 03 48
Fernschreiber : Anzeiger Bonn 08 882 595
Postscheckkonto 834 00 Köln

FRANKRIJK

*Service de vente en France des publications
des Communautés européennes — Journal officiel*
26, rue Desaix — 75 732 Paris - Cédex 15°
Tél. (1) 306 51 00 — CCP Paris 23-96

GROOTHERTOOGDOM LUXEMBURG

*Bureau voor officiële publikaties
der Europese Gemeenschappen*
Case postale 1003 — Luxembourg
Tel. 4 79 41 — CCP 191-90
Compte courant bancaire : BIL 8-109/6003/200

IERLAND

Stationery Office — The Controller
Beggars Bush
Dublin 4 — Tel. 6 54 01

ITALIË

Libreria dello Stato
Piazza G. Verdi 10
00198 Roma — Tel. (6) 85 08
CCP 1/2640

VERENIGD KONINKRIJK

H.M. Stationery Office
P.O. Box 569
London S.E. 1 — Tel. 01-928 69 77, ext. 365

VERENIGDE STATEN

European Community Information Service
2100 M Street, N.W.
Suite 707
Washington, D.C., 20 037 — Tel. 296 51 31

ZWITSERLAND

Librairie Payot
6, rue Grenus
1211 Genève — Tel. 31 89 50
CCP 12-236 Genève

ZWEDEN

Librairie C.E. Fritze
2, Fredsgatan
Stockholm 16
Post Giro 193, Bank Giro 73/4015

SPANJE

Libreria Mundi-Prensa
Castello 37
Madrid 1 — Tel. 275 51 31

ANDERE LANDEN

*Bureau voor officiële publikaties
der Europese Gemeenschappen*
Case postale 1003 — Luxembourg
Tel. 4 79 41 — CCP 191-90
Compte courant bancaire : BIL 8-109/6003/200